



XX

2006  
6  
СНЗМЖ И РИМНИХ





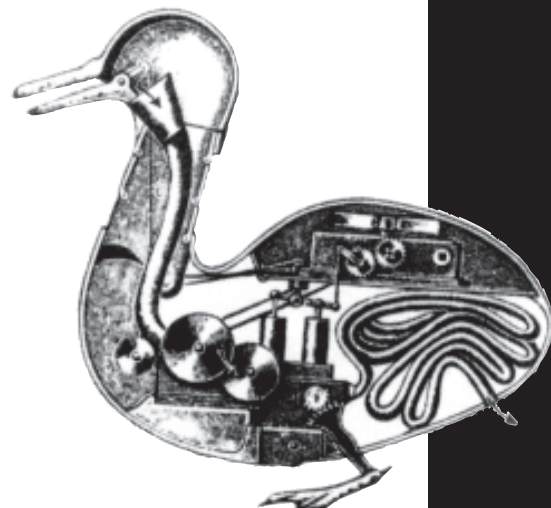


*Нет такого ветра,  
который всегда дул бы  
в одну и ту же сторону.  
Персидская мудрость.*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина  
к статье И.Горюнова «Иммунология любви»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина  
Макса Эрнста «Император убу». Формы,  
в которых появляется и проявляется жизнь  
на Земле, бывают совершенно неожиданны.  
Что уж говорить о Космосе!  
Об этом читайте в статье С.М.Комарова  
«Жизнь и нежить в Солнечной системе».*





Зарегистрирован  
в Комитете РФ по печати  
19 ноября 2003 г., рег. ЭЛ № 77-8479

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**  
**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Ответственный секретарь**  
М.Б.Литвинов  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**  
Б.А.Альтшулер, В.С.Артамонова,  
Л.А.Ашкинази, В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич, С.М.Комаров,  
О.В.Рындина

**Верстка**  
М.Д.Баженова

**Агентство ИнформНаука**  
О.О.Максименко, Н.В.Маркина,  
О.Б.Баклицкая-Каменева  
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 26.05.2006

**Адрес редакции:**  
105005 Москва, Лефортовский пер., 8

**Телефон для справок:**  
(495) 267-54-18,  
**e-mail:** redaktor@hij.ru

Ищите нас в интернете по адресам:  
<http://www.hij.ru>;  
<http://www.informnauka.ru>

При перепечатке материалов ссылка  
на «Химию и жизнь» обязательна.

На журнал можно подписаться  
на сайтах:  
<http://www.hij.ru>  
<http://esmi.subscribe.ru>  
<http://www.new-press.ru>

© АНО Центр «НаукаПресс»



В этом номере много историй про лед. Газогидрат — минерал, который состоит из льда и метана — все больше интересует энергетиков.

## Химия и жизнь

Жизнь — это вода. А если вода на далекой от солнца планете скрыта под ледяной корой, может ли в ней появиться жизнь?



12

### ИНФОРМНАУКА

ГРАНТЫ «РОДИА» — 2006 .....	4
ПРОСВЕТИТЬ И ОБНАРУЖИТЬ .....	4
ДЕФИЦИТ ДЕЙТЕРИЯ ТОРМОЗИТ РАК .....	5
В ПОИСКАХ СИФИЛИСА .....	5
ПАРАДОКСЫ ЛЮБВИ .....	6
БОБРЫ-УТОПИСТЫ .....	7

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

<b>В.В.Благутина</b> ЛЕДЯНАЯ КЛЕТКА ДЛЯ ГОРЮЧЕГО ГАЗА .....	8
--	---

### РАССЛЕДОВАНИЕ

<b>С.М.Комаров</b> ЖИЗНЬ И НЕЖИТЬ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ .....	12
--	----

### ДИСКУССИИ

<b>И.А.Сокальский</b> ПОЧЕМУ ВЫ ДОЛЖНЫ МНЕ ПЛАТИТЬ? .....	18
--	----

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

<b>А.Л.Померанцев</b> ЧЕТВЕРТАЯ ПАРАДИГМА .....	22
--	----

### ФОТОИНФОРМАЦИЯ

<b>С.М.Комаров</b> АРХИТЕКТУРНЫЕ МИКРОИЗЛИШЕСТВА .....	27
---	----

### ПАМЯТЬ

<b>В.И.Рич</b> СЛАВА .....	32
-------------------------------	----

### ПАМЯТЬ

<b>В.Е.Жвирблис</b> ПОЛЕТЫ ВО СНЕ И НАЯВУ .....	33
--	----

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

<b>Н.В.Никонец</b> СТРЕЛА ВРЕМЕНИ, ЭНТРОПИЯ И ИНЕРЦИЯ .....	36
--	----

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

<b>Л.И.Верховский</b> ПЛАТОНОВЫ ТЕЛА И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ .....	38
--	----



Российские ученые предложили ответ на один из «проклятых» вопросов теории эволюции: каким образом один вид разделяется на два, если нет внешних изолирующих факторов?

## 42

Как только бабочка выходит из куколки, лимфа из брюшка подается в эластичные сосуды крыловых пластин, и крылья растут прямо на глазах.

## 52



Для пчеловодов-дилетантов придуманы картонные одноразовые ульи.

## 61



### ГИПОТЕЗЫ

**И.Горюнов**

ИММУНОЛОГИЯ ЛЮБВИ ..... 42

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ

**В.А.Чистяков**

МУДРЕЦ ИЗ БЕРКЛИ ОТКРЫЛ ЛЕКАРСТВО ОТ СТАРОСТИ? ..... 46

### ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

**А.В.Кулинич**

МЕДОВЫЕ КАНИКУЛЫ ..... 52

### ТЕХНОЛОГИИ

**М.В.Загайнов, Г.П.Яковлев**

СКОЛЬЗКИЙ ЛЕД ..... 54

### ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

**Ю.П.Супруненко**

УГРОЗЫ И БЛАГА АНТАРКТИДЫ ..... 57

### ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

**А.Сочивко**

КОЛЫБЕЛЬ АПОЛЛОНА ..... 61

### ФАНТАСТИКА

**Н.Егорова**

ПЯТНА ..... 66

### КСТАТИ О ПТИЧКАХ

**О.Волошина**

СОЛНЕЧНЫЙ ОРЕЛ ..... 72

ИНФОРМАЦИЯ ..... 17

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ ..... 30

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ ..... 50

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ ..... 70

ПИШУТ, ЧТО... ..... 70

ПЕРЕПИСКА ..... 72

## 4

### ИНФОРМНАУКА

Про студента из Новосибирска, получившего грант размеров в 2000 евро, про новый рентгеновский детектор и антионкогенные свойства дейтериевой воды, про то, как любовь ослабляет иммунный ответ, а бобровые плотины сводят на нет усилия мелиораторов.

## 18

### ДИСКУССИИ

«В не слишком богатой России никто не обвинял меня в том, что я, астрофизик, — дармоед. А немцы, французы и итальянцы — случилось, что и обвиняли. Можно ожидать, что рано или поздно вопрос о необходимости или ненужности фундаментальной науки возникнет и у наших шоферов, строителей, врачей, шахтеров и бизнесменов».

## 46

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Знаменитый биохимик Брюс Эймс предлагает человечеству лекарство от старости. В состав лекарства входят два совершенно не экзотических компонента, его эффективность подтверждена экспериментально, и оно уже продается в американских аптеках.

## 54

### ТЕХНОЛОГИИ

До недавнего времени для конькобежцев в России не было дорожек, скользкость которых отвечала бы мировым стандартам. Теперь такие дорожки появились — и это сразу же сказалось на результатах спортсменов.

## 57

### ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Что принесут человечеству айсберги, которые все чаще отплывают в океан от ледяных берегов Антарктиды и Гренландии, — угрозу «всемирного потопы» или утоление жажды?



## ГРАНТЫ, ПРЕМИИ

### Гранты «Родиа» — 2006

В апреле компания «Родиа» вручила традиционные гранты в области химии. В конкурсе участвовали аспиранты различных химических и химико-технологических вузов, а также институтов РАН. Жюри, под председательством вице-президента Российской академии наук академика Н.А.Платэ и в составе представителей компании «Родиа» и Посольства Франции в Москве, выбрало трех лауреатов.

Первое место занял Артем Гуцин из Новосибирского института неорганической химии, второе место — Юлия Роган из Института нефтехимического синтеза им. Топчиева РАН (Москва), третье место — Мария Бурова из Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Главный приз конкурса — денежная премия в размере 2000 евро и трехмесячная стажировка в одной из научно-исследовательских лабораторий компании «Родиа» во Франции. В церемонии награждения принял участие

французский химик, профессор Жан-Мари Лен, лауреат Нобелевской премии, которому также была вручена золотая медаль Международного фонда партнерства за вклад в развитие мировой науки и сотрудничества.

Этот конкурс компания «Родиа» учредила в 2003 году, чтобы наладить обмен опытом с Россией в научно-исследовательской области и поддерживать лучших российских аспирантов-химиков. Компания «Родиа» хорошо известна в мире как разработчик инновационных продуктов для автомобилестроения, электроники, фармацевтики и агрохимии. В 2005 году товарооборот компании составил 5 млрд. евро; численность сотрудников по всему миру — 19 500 человек.

## ТЕХНОЛОГИИ

### Просветить и обнаружить

Мгновенно обнаружить взрывчатые, отравляющие и наркотические вещества может установка нового поколения, созданная учеными из Института физики твердого тела РАН (Черноголовка). Главный узел просвечивающего

прибора — детектор рентгеновского излучения, разработанный на основе уникальных нанотехнологий ([klassen@issp.ac.ru](mailto:klassen@issp.ac.ru)).

Трехмерный рентгеновский детектор, созданный черноголовскими физиками, способен мгновенно обнаружить наркотики и яды, взрывчатые и другие опасные вещества, которые прячут в автомобилях, контейнерах или багаже. Каждое химическое вещество имеет только ему присущие спектральные и угловые распределения просвечивающего рентгеновского излучения. Это свойство и используется в антитеррористической установке.

Ее рабочая часть — сам детектор, образованный из скрещивающихся рядов сцинтилляционных волокон, плотность которых постепенно возрастает от первого ряда волокон к последнему (отсюда и название «трехмерный»). Такая конструкция детектора позволяет одновременно получать изображения предметов, скрытых внутри транспортных средств, при разных величинах энергии рентгеновского излучения. Компьютер сравнивает различия в контрастах исследуемых предметов при разных энергиях с контрастами эталонных веществ и определяет химический состав каждого обнаруженного пред-





мета. Те из них, что вызывают подозрения, дополнительно исследуют тем же детектором по угловому распределению дифрагированного рентгеновского излучения.

Создание таких детекторов стало возможным благодаря методам синтеза нанокристаллических материалов, пластического формирования и профилированного роста кристаллов, разработанным в Институте физики твердого тела РАН. Ученым удалось не только усовершенствовать технические параметры детекторов — сделать их энергетически эффективными и быстрыми, но и значительно снизить их себестоимость.

## ЭКОЛОГИЯ

### Дефицит дейтерия тормозит рак

*Сотрудники НИИ канцерогенеза РОНЦ им. Н.Н.Блохина РАМН и Института медико-биологических проблем РАН установили, что длительное питье воды с пониженным содержанием дейтерия тормозит развитие злокачественных опухолей у экспериментальных животных и продлевает им жизнь (info@imbp.ru).*

Все биохимические процессы организма протекают в водной среде, и для их нормального течения важен не только химический, но и изотопный ее состав, в частности содержание стабильного изотопа дейтерия. В обычной воде дейтерия ничтожно мало, всего 15 тысячных процента. Но вода, в которой дейтерия еще меньше, отличается по своим свойствам от обычной. Она обладает антимутагенными свойствами и стимулирует рост высших растений и птиц. Установив этот факт, российские ученые немедленно исследовали влияние такой воды на рост злокачественных опухолей.

Животным перевели опухоли и одновременно начали поить водой с пониженным содержанием дейтерия. Оказалось, что питье такой воды достоверно тормозит рост опухолей, но при этом значимо не увеличивает продолжительность жизни экспериментальных животных. Тогда исследователи изменили режим питья и начали давать мышам бездейтериевую воду за месяц до перевивки. В мышинном организме вода



полностью обновляется за три недели, поэтому перевивка опухоли проходила уже на «бездейтериевом» фоне.

Эксперименты проводили с двумя легко перевиваемыми опухолями: быстрорастущей карциномой легких Льюис и медленно растущим раком шейки матки РШМ-5. Бездейтериевую воду ученые получали электролизом дистиллированной воды в электролизере с твердым ионообменным электролитом. Этот метод, разработанный в Институте медико-биологических проблем, позволяет снизить концентрацию дейтерия примерно на 65%. Мыши контрольных групп пили дистиллированную воду, которая отличалась от экспериментальной только нормальным содержанием дейтерия.

Оказалось, что на бездейтериевом фоне позже появляются первые узелки перевиваемой опухоли. Задержка составила более четырех суток (64%) для карциномы Льюис и более суток (13%) в случае рака шейки матки. В течение всего эксперимента перевитые опухоли в экспериментальных группах росли медленнее, чем в контрольных. Кроме того, на бездейтериевом фоне меньше развиваются метастазы. Вода с пониженным содержанием дейтерия не смогла спасти больных мышей, но продлила им жизнь на 13–24%. В эксперименте с карциномой Льюис животные прожили в среднем на 5 суток дольше, а в опыте с РШМ-5 — на десять суток дольше, чем животные контрольных групп.

Ученые пришли к заключению, что создание бездейтериевого фона в организме мышей усилило тормозящее действие воды с пониженным содер-

жанием дейтерия на рост перевиваемых опухолей. Станет ли такая вода «живой» и целесообразно ли ее профилактическое употребление, судить еще рано.

## МЕДИЦИНСКАЯ ДИАГНОСТИКА

### В поисках сифилиса

*Сотрудники кафедры микробиологии Московской медицинской академии им. И.М.Сеченова и клиничко-биохимической лаборатории Института хирургии им. А.В.Вишневского РАМН предлагают использовать для диагностики сифилиса методы газовой хроматографии и масс-спектрометрии. Новый метод точен, недорог и объективен. Он позволяет определить, какие именно органы поражены болезнью, и предсказать ее дальнейшее течение.*

Хотя сифилис известен врачам с незапамятных времен, его диагностика и лечение до сих пор представляют проблему. Ежегодно сифилисом заболевают 12 млн. человек, причем в последние годы болезнь все чаще принимает скрытые формы, в том числе среди беременных. Соответственно возрастает вероятность врожденного сифилиса у новорожденных. Поэтому врачам очень нужны эффективные методы диагностики, которые позволяли бы своевременно обнаруживать скрытые формы болезни.

Современные методы диагностики сифилиса основаны главным образом на поиске антител к возбудителю —

бледной спирохете. Но они либо недостаточно специфичны и могут давать ложноположительные результаты, либо технически сложны, занимают много времени и очень дороги. Примерно у 85% больных после выздоровления антитела к возбудителю остаются в крови на всю оставшуюся жизнь, поэтому анализы не могут показать, здоров ли пациент. Молекулярно-генетическая диагностика тоже немало стоит и требует специального оборудования. Российские исследователи предлагают использовать для диагностики бледной спирохеты более доступный метод: газохроматографию-масс-спектрометрию (ГХ-МС).

С помощью этого метода в сыворотке крови больных сифилисом можно обнаружить возросшее в несколько раз количество токсичных веществ, продуктов повреждения и разрушения тканей и медиаторов воспаления. Ученые исследовали сыворотку крови 117 боль-



ных сифилисом с поражением разных систем органов. Для анализа они использовали систему «Hewlett-Packard» с газовым хроматографом и масс-селективным детектором. Система идентифицирует соединения по их спектру электронного удара при химической ионизации. В сыворотке у пациентов исследователи обнаружили характерные продукты жизнедеятельности анаэробных бактерий, к которым относится

ся и бледная спирохета, в том числе летучие жирные кислоты, холестерин и его эфиры, триглицериды, фосфолипиды и другие вещества. Кроме того, метод ГХ-МС позволяет определить, какие именно органы поражены болезнью. Так, при поражении печени повышается концентрация определенных ароматических производных жирных кислот и аминокислотных фрагментов. Заболевание нервной системы можно определить по возросшему содержанию некоторых сахаров и фосфорной кислоты, о патологии костной ткани свидетельствует высокая концентрация летучих жирных кислот и липополисахаридов.

Следующая группа диагностических критериев связана с существованием «кооперативной чувствительности» микробов. Бактерии выделяют в окружающую среду сигнальные вещества, активаторы чувствительности, и болезнь развивается только после того, как концентрация этих веществ (а значит, и бактерий) вырастет до определенной величины. Состав активаторов чувствительности ученым известен, а методы ГХ-МС позволяют их обнаружить. Высокая концентрация активаторов свидетельствует об инфекции, а иногда и о том, что возбудитель не ограничился одной системой органов и развивается генерализованная инфекция.

ГХ-МС-исследования дают большую информацию, чем традиционные клинико-лабораторные показатели сифилиса. Разработанные московскими учеными критерии инфекции очень чувствительны и специфичны. Они позволяют предсказывать и положительный, и отрицательный результат, поэтому с их помощью медики могут следить за развитием болезни и ходом лечения.

## ИММУНОЛОГИЯ

### Парадоксы любви

*Любовь не зря сравнивают с болезнью: страсть хотя и окрыляет, но ослабляет иммунную систему. Как установили сотрудники Института систематики и экологии животных СО РАН и Института клинической иммунологии СО РАМН, запах самки ослабляет иммунную систему половозрелых самцов мышей, но при этом делает их более устойчивыми к ранениям, которые они получают в битве за прекрасную даму (mtp@eco.nsc.ru).*



Тот факт, что на развитие иммунной системы самцов влияет запах самок, новосибирские ученые установили несколько лет назад. Теперь они продолжают исследовать влияние запахов на иммунную систему. Взрослых самцов мышей поместили по четыре в клетку и держали при искусственном освещении (свет включали в шесть часов утра и выключали в восемь вечера). Каждое утро за 10–20 минут до включения света на крышу клетки ставили контейнер с грязными опилками из клетки самок (самих дам в комнате не было). Мышей контрольной группы держали в соседней комнате и ставили им чистые опилки.

Естественно, на возбуждающий запах самок самцы отвечали усиленным синтезом половых гормонов, особенно тестостерона, а также гормонов стресса — глюкокортикоидов. Но андрогены и глюкокортикоиды подавляют иммунную систему. Так и произошло. Даже одной ночи, проведенной под дамскими опилками, оказалось доста-





точно, чтобы ослабить иммунитет самцов: ученые установили это по реакции иммунной системы мышей на инъекцию бараньих эритроцитов. По наблюдениям исследователей, ключевую роль в снижении продукции антител играет именно тестостерон. Иммунная система кастрированных мышей, лишенных этого гормона, на запах самок не реагирует.

Четыре грызуна мужского пола плохо уживаются в одной клетке, а возбуждающий запах делает их еще более агрессивными. Ученые не поленились подсчитать все укусы, царапины и рваные раны, полученные мышами от соседей за несколько дней совместного сидения под пахучими опилками. Результаты получились неожиданные. Хотя обонявшие самок грызуны оказались гораздо более покусанными, чем их контрольные собратья, они не в пример легче перенесли последствия драк, несмотря на ослабленный иммунитет. Погибли только двое из 23 укушенных мышей, а среди животных, не нюхавших самок, — семеро из двадцати. Исследователи объясняют этот феномен комплексным действием тестостерона. Он действует как обезболивающее, а также стимулирует кровотворение, увеличивая в том числе количество иммунокомпетентных клеток. Оба эти эффекта компенсируют негативные последствия ран и кровоизлияний.

В природе нет равноправия полов. Самцы и самки имеют разный иммунный статус, в частности самцы более восприимчивы к инфекциям, но реже страдают аутоиммунными заболеваниями. Появление иммунного полового диморфизма во многом зависит от социальной среды, в которой находятся животные, например от присутствия самок. Гуморальный иммунитет от их запаха ослабевает, но зато усиливается способность стойко переносить ранения, которые они чаще получают опять-таки в присутствии представительниц прекрасного пола.

## ЭКОЛОГИЯ

### Бобры-утописты

*Цели гидроресомелиорации остаются недостижимыми, если на осушенных землях поселяются бобры. К такому выводу пришли сотрудники Института лесоведения РАН, изучив деятельность бобров в мелиорированных лесах*

*Тверской области. За последние 20 лет российские бобры подтопили более 23 тысяч гектаров осушенных земель.*

Ученые обследовали две осушительные системы, расположенные на Западно-Двинском лесоболотном стационаре института, в Велесском лесничестве. Каналы, прорытые в начале 70-х годов прошлого века, объединены в две сети, каждая из которых осушает более 1000 га. В 80-х годах в этих местах появились бобры. С тех пор каналы пережили несколько волн вселения бобров и их истребления браконьерами. Исследование пришлось на то время, когда бобры жили на каналах.



Бобр — животное полуводное, а лесные каналы могут летом полностью высохнуть. Поэтому зверьки, поселившись на канале, обязательно ставят плотину. За двадцать лет бобры хоть раз, но заселяли каждое подходящее для их жизни место, поэтому все каналы осушительной системы перегорожены плотинами разного возраста и степени сохранности и плохо выполняют дренажные функции. Впрочем, последствия бобрового строительства зависят от рельефа. Если запруженные каналы пролегают по ровному месту, осушаемые ими окрестности бывают затоплены полностью. По оценкам специалистов, рабочая глубина таких каналов уменьшилась на 48–77%. В то же время осушительная система на местности с большими уклонами и подъемами практически не страдает от бобровой плотины: уменьшение рабочей глубины каналов не превышает 6%.

Бобровые плотины в обитаемых поселениях удерживают в канале воду даже в самое засушливое лето. Если засухи нет, плотина поднимает уровень воды на 200–1300 м вверх по течению, при том, что на основных каналах плотины выстроены через каждые 220–260 метров. Непосредственно перед плотинной вода практически всегда стоит выше уровня почвы. Иногда уровень грунтовых вод поднимается настолько, что затопливает почти всю корнеобитаемую толщу. В озерце перед плотинной гибнут даже устойчивые к избытку влаги деревья, такие, как береза, а выросший благодаря осушению мощный ельник вблизи каналов погиб почти полностью. Сейчас ель растет главным образом в середине пространства между канавами, так как эти места бобрам подтопить не удастся.

Из-за наносов запруженные каналы обмелели в среднем на 63 см, то есть почти на половину их первоначаль-

ной глубины. В русле канала бобры притапливают свои зимние запасы. Древесные остатки от строительства плотин тоже захламляют каналы, замедляют скорость течения и повышают уровень воды в русле. Из одной норы эти звери выбрасывают в водоем около двух кубометров земли. Только роющая деятельность зверьков уменьшила глубину магистрального канала на 20 см на первых 100 метрах вверх по течению. Хорошо еще, что берега вокруг каналов пологие, поэтому норы встречаются редко. Бобры периодически меняют место жительства и строят новые плотины, а брошенные стоят не менее 10–12 лет и все это время ухудшают дренажные свойства канав. Так что приходится прибегать к капитальному ремонту гидроресомелиоративной сети.





# Ледяная клетка для горючего газа

Кандидат  
химических наук  
**В. В. Благутина**

**Н**а Земле существует еще один источник энергии, на который энергетики мира делают все более серьезные ставки. Речь идет о залежах природных газогидратов, в которых заключены гигантские запасы метана. Один объем этих соединений содержит примерно 160 объемов газа-энергоносителя (рис. 1). Такие месторождения обнаружили на суше в районах многолетней мерзлоты и в акваториях Мирового океана. Распространены они так широко (рис. 2), что их освоение доступно большинству стран.

Несмотря на то что существование природных газогидратов было доказано еще в 1965 году, споры о том, сколько же метана они содержат и как его оттуда извлечь, продолжаются до сих пор. Этим занимаются не только геологи, химики, океанологи, экологи, технологи, но и экономисты. Оценки экспертов по запасам газогидратов иногда различаются на четыре порядка, но признанные авторитеты в этой области сходятся на цифре  $1,5 \times 10^{16}$  м<sup>3</sup>. Для сравнения — на 1 января 2005 года разведанные мировые запасы природного газа составили  $1,8 \times 10^{14}$  м<sup>3</sup>. Многие страны приняли национальные программы по изучению и промышленному освоению этих месторождений, поскольку, как только решится техническая проблема извлечения метана

из газогидратов, энергетика этих стран на долгие годы будет обеспечена углеводородным сырьем.

Сейчас интерес ученых всего мира к газогидратам явно активизировался: каждые три года начиная с 1993-го, проходит международная конференция, целиком посвященная только этой проблеме. Несмотря на то что именно в России впервые в мире экспериментально доказали существование природных газогидратов (в 1969 году это достижение было зарегистрировано как научное открытие), в 1967 году их нашли в Заполярье и через два года начали разрабатывать первое газогидратное Мессояхское месторождение (см. «Химию и жизнь», 1970, № 8; 1981, № 6; 1999, № 9), некоторое время исследование природных газогидратов у нас было совсем не приоритетной темой. Хотя там, где ими все-таки занимались, делали это на мировом уровне (здесь можно упомянуть Московский институт нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина, Институт геологии и геофизики СО РАН, Институт проблем Севера ЯФ СО РАН, Институт неорганической химии СО РАН).

В СССР до середины 80-х годов существовала программа Госкомитета по науке и технике, направленная на изучение газогидратов. Потом эта область, как и почти вся остальная наука, была

забыта государством. Правда, в последние годы наблюдается некоторое оживление — в 1997 году состоялся первый российский семинар по газовым гидратам, а в 2003 году прошла вторая российская конференция на эту же тему. Сейчас научно-технический совет ОАО «Газпром» вновь обратил внимание на данную проблему и также решил активизировать исследования по природному газовым гидратам как реальному дополнительному ресурсу газа.

## Что это такое

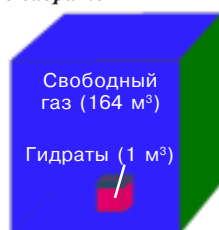
Газовые гидраты — это минерал, состоящий из молекул газа, заключенных в ячейки из молекул воды. Это так называемые соединения включения: молекулы воды связываются между собой водородными связями и формируют каркасы с обширными полостями внутри. Между молекулами газа и воды химических связей не образуется, они удерживаются только слабыми межмолекулярными ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями.

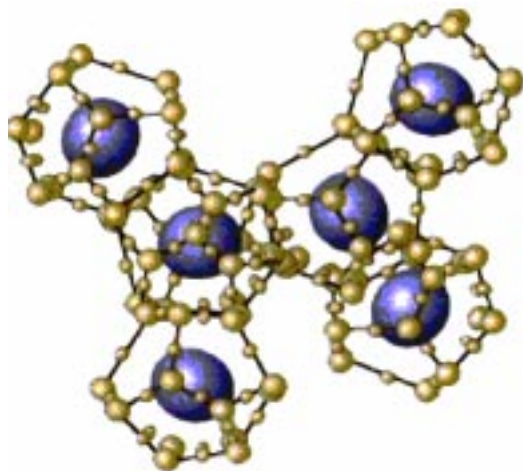
Газогидраты имеют строго определенные состав и структуру, причем структур сейчас уже известно несколько (рис. 3). Условия образования, существования, разложения, а также структура, состав и свойства гидрата зависят от давления и температуры (рис. 4). На этом в общем-то и построены пока нереализованные технологии получения из них метана. Гидраты образуют все известные газы, но природные, которые так интересны с точки зрения энергетики, состоят главным образом из метана и его гомологов, с небольшими включениями CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S.

Внешне спрессованный снег, переходящий в лед, но могут выглядеть и как изящные кристаллы разнообразной формы, если при их образовании не было перемешивания (рис. 5). Са-

2  
Залежи разведанных гидратов метана

1  
Газ, связанный в гидрате





3

*Молекулярная структура газогидрата (Газ + 6H<sub>2</sub>O).*

*Внутри — большая молекула газа, окруженная молекулами воды*



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

мое интересное с этими соединениями то, что почти за 200 лет до того, как их нашли в природе, гидраты газов получили искусственным путем в лаборатории. Первым, кто их наблюдал был Джозеф Пристли (1778). Он получил необычный лед — гидрат сернистого газа, который существовал при положительных температурах и, в отличие от обычного гексагонального льда, тонул в водных растворах SO<sub>2</sub>. Однако он не назвал полученные кристаллы гидратом. Только спустя 34 года английский химик Хамфри Дэви получил аналогичные кристаллы гидрата хлора и охарактеризовал их, поэтому некоторые исследователи считают первооткрывателем газовых гидратов Дэви. XX век стал эпохой активного изучения гидратов. В 1936 году академик Б.А.Никитин впервые показал, что газогидраты — это соединения-включения, а через пятнадцать лет немецкий кристаллохимик М.Штакельберг с помощью рентгеноструктурного анализа определил их структуру.

Газовые гидраты долгое время оставались предметом исключительно теоретического исследования, до тех пор, пока в 30-х годах прошлого века в США не ввели в эксплуатацию первые магистральные газопроводы. И тут выяснилось, что гидраты метана забивают зимой трубы (рис. 6). В прин-

ципе это не опасно, но если гидратная пробка прочно связывается с поверхностью трубопровода, то она надолго может перекрыть поток газа и нефти. Это настолько осложняет технологам жизнь, что с тех пор не прекращаются поиски способов борьбы с гидратообразованием. Главных способов известно два: сушить газ и добавлять ингибиторы процесса.

Основной применяемый сегодня ингибитор — это метанол. Если сделать анализ «кухонного» газа зимой, в нем обязательно обнаружится метиловый спирт, который добавляют в природный газ, чтобы не образовались пробки в трубопроводах. Новый радикальный способ избавления от напасти предложили на Химфаке МГУ — ученые придумали, как понизить адгезию гидратов к поверхности труб, чтобы гидраты просто выносились вместе с потоком и потом отделялись в сепараторах.

Более чем за 228 лет исследований газогидратов интерес к ним рос по мере понимания их значимости для цивилизации. Если за период с 1778 по 1934 год было опубликовано 56 чисто академических работ, то с 1935 по 1965-й уже 144 работы промышленного назначения, а с 1965-го по настоящее время — более 7500 работ. Такой всплеск интереса обусловлен тем, что сегодня газогидраты рассматривают как перспективный источник энергии.

Кроме того, начиная с 1940-х годов были запатентованы более 500 технологий по практическому использованию газовых гидратов, причем среди них есть весьма перспективные. Холодиль-

ные циклы, опреснение воды, хранение природных газов в газогидратном состоянии, гидратная осушка газа, приготовление шипучих напитков и их охлаждение, концентрирование соков, хранение и консервирование продуктов — это далеко не полный перечень авторских свидетельств и патентов. Массового внедрения, однако, пока нет, поскольку практически во всех проектах не хватает оконча-

тельной технической проработки и экономического обоснования. Правда, некоторые специалисты считают, что хранение и транспортировка природного газа в газогидратном состоянии вскоре будут осуществлены на практике.

## Природные залежи газогидратов

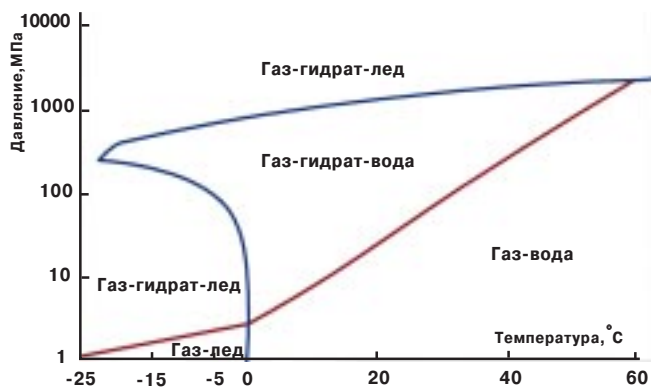
Вернемся к природным месторождениям, на которые возлагают такие большие надежды. С открытием этих соединений в природе связана почти детективная история, о которой наш журнал писал в 1970 году. В 1965–1966 годах молодой сотрудник, доцент МИНХиГП им.И.М.Губкина Ю.Ф.Макогон опубликовал в журнале «Газовая промышленность» результаты своих экспериментальных исследований, где доказал возможность существования газогидратных залежей, в которых сосредоточены огромные запасы твердого газа. Статья была принята геологами и геохимиками в штыки, и, чтобы убедить их, потребовалось провести совершенно нетривиальные эксперименты, моделирующие процессы в газоносных пластах, а также отыскать реально существующие в природе месторождения.

Вскоре, в 1967 году молодые геологи и геофизики Сибири обнаружили в Заполярье первое газогидратное месторождение и через два года начали его разработку. В верхней части первого газогидратного Мессояхского месторождения природный газ находился в гидратном состоянии, а под ним — в свободном. На фоне других месторождений новое казалось карликом, но именно оно сыграло роль катализатора в развитии исследований природных газогидратов во всем мире. И у нашей страны в этом вопросе бесспорный приоритет.

Для того чтобы метан оказался в связанном состоянии, нужна вода, а также температура и давление, соответствующие термодинамическим условиям стабильного существования гидрата (рис. 4). Толщину пород, в которых наблюдаются данные условия, и содержат газогидратные залежи. Но конечно, только нужных температур и давлений недостаточно. Необходима

4

*Диаграмма фазового состояния газогидратов*



еще подпитка метаном зоны образования гидрата. Поэтому в прибрежных зонах залежи часто совпадают с местами выхода на поверхность флюидов (там, где есть разломы, вулканы).

Сегодня, когда ученые знают, где и как искать, целенаправленные поиски всегда приводят к находкам. Известно, что около 98% всех природных залежей газогидратов расположены в глубоководном шельфе и на океаническом склоне в прибрежных районах Мирового океана и только 2% — в приполярных частях материков. В районах вечной мерзлоты толщина пород, в которых располагаются газогидраты, может достигать 400–800 м, а в некоторых случаях даже километр. В акваториях Мирового океана газогидратные залежи сосредоточены в толщах придонных осадков. В приполярных водах их находят на глубинах 300–400 м, а в экваториальных районах чуть глубже — 500–700 м.

По последней оценке ВНИИГаза, на 30% территории России существуют условия для накопления гидратов природного газа, причем их запасы на континентальной и шельфовой части оценивают в 100–1000 трлн. м<sup>3</sup>. В марте 2000 года российско-бельгийская экспедиция обнаружила уникальное месторождение газовых гидратов в придонных отложениях озера Байкал, на глубине нескольких сотен метров от поверхности воды.

Не так давно оказалось, что некоторые обитатели морского дна могут служить своего рода индикаторами, указывающими на месторождения газогидратов. Там, где из недр выделяется метан, обнаружены специфические микроорганизмы, питающиеся углеводородами. Их, в свою очередь, поглощают моллюски, которые сами тоже служат пищей для некоторых других видов морской фауны. Ученые сделали такой вывод, померив содержание изотопа углерода в панцире моллюсков и обнаружив, что его такое же количество, как и в газогидратных залежах в этом месте.

Нельзя не рассказать о скептических оценках, которые преобладали еще недавно. Некоторые исследователи считают, что поскольку данные о подводных месторождениях газогидратов часто основаны на косвенных данных (сейсмических исследованиях, специальных методах разведки газа), то бесспорно существующими можно считать лишь несколько крупных скопления, наиболее известное из которых расположено в зоне океанической гряды Блейка, у атлантического побережья США. Там в виде единого протяженного поля на глубине 1,5–3,5 км может залежать около 30 трлн. м<sup>3</sup> метана. Многие другие прибрежные

скопления газогидратов, существуют в рассеянном состоянии или в небольших концентрациях и поэтому не представляют коммерческого интереса. Правда, объемы газогидрата на суше никто не подвергает сомнению, да и вообще голоса скептиков слышны все слабее. В результате поисковых работ сегодня выявлено более 220 газогидратных залежей, и многие газовые компании уже стремятся извлечь из них метан.

## Как извлечь

При современном уровне потребления энергии, даже если мы используем только 10% природных ресурсов газогидратов, мир будет обеспечен сырьем на 200 лет. При этом разработка месторождения газогидратов может быть не менее рентабельной, чем разработка крупного месторождения свободного газа, залегающего в подобных геологических и климатических условиях. По оптимистическим оценкам, энергия, которую можно получить из газа разложившихся гидратов, более чем в 15 раз превышает энергетические затраты, необходимые для их разложения. Хотя многие исследователи считают эту цифру сильно завышенной.

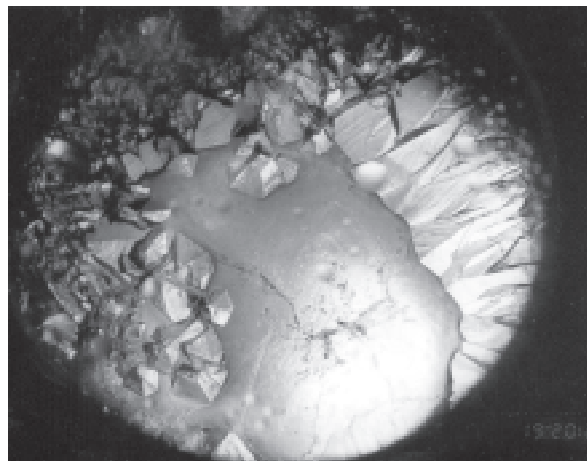
Вопрос в том, как извлечь газ из ледяной клетки. Газогидраты легко трансформируются, достаточно понизить давление в пласте или повысить температуру выше равновесной. Есть еще один способ: воздействовать ингибиторами, сдвигающими фазовое равновесие. Но как это сделать под землей? На практике сегодня реализован только один способ — понижения пластового давления ниже равновесного при разработке Мессояхского месторождения. В Канаде и Японии пробуют повышать температуру выше равновесной.

Важно, что высвобождение

газа из залежей нужно постоянно контролировать, поскольку неконтролируемый выход больших объемов газа — это взрыв. А между тем даже небольшое смещение фазового равновесия ведет к быстрому фазовому переходу, в результате чего образуется огромный газовый пузырь, объем которого во много десятков раз превышает первоначальный объем кристаллов.

Значительных успехов добились японские энергетики, начавшие работать по национальной программе исследований и освоения природных газогидратов в 1995 году. В декабре 1999 года после тщательных сейсмических работ они пробурили первые пять разведочных скважин в Японском море, в которых провели тщательные геофизические исследования с отбором керна. Бурили с корабля при глубине воды 945 м, залежи самих газогидратов выявлены на глубине 200 м ниже дна океана. В 2004 году там же пробурили еще 18 разведочных скважин, на которых продолжаются активные исследования. Промышленная разработка намечена на 2016 год.

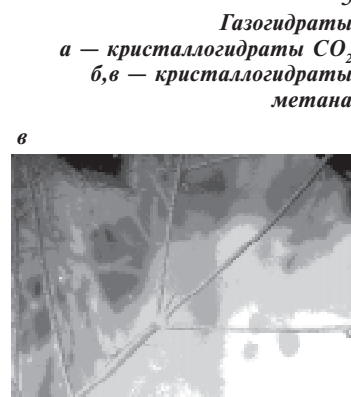
В Дортмундском университете предложили новую и, как там считают, весьма перспективную технологию добычи газогидратов. По крайней мере, расчеты на компьютерной модели выглядят многообещающе. Чтобы получить метан из твердых газогидратов, их нужно нагреть. Проект предполагает



а



б



в

5  
Газогидраты  
а — кристаллогидраты CO<sub>2</sub>  
б, в — кристаллогидраты метана

ет прокладку специального трубопровода с платформы на поверхности моря до залежей газогидратов на морском дне. Особенность его в том, что у трубы двойные стенки. Это как бы два трубопровода, один из которых пропущен сквозь другой, — по внутренней трубе к месторождению подается морская вода, нагретая до 30–40°С, начинается фазовый переход, и пузырьки газообразного метана вместе с водой поднимаются по внешней трубе вверх. Там метан отделяется от воды, отправляется в цистерны или в магистральный трубопровод, а теплая вода возвращается вниз, к залежам газогидратов. Стоимость проекта оценивается в 100 миллионов евро. Заметим, что эта же технология обсуждалась в России еще в начале 70-х годов прошлого века...

На самом деле технологии разработки существуют, просто условия их коммерческого использования ограничены. Кроме того, у каждого месторождения свои геологические условия, поэтому во многих случаях необходимы новые решения.

При освоении газогидратных залежей есть еще одна проблема — безопасность. Причем безопасность не только извлечения из них метана, но и окружающей среды. Когда залежи располагаются на крутых склонах в непосредственной близости от морского дна, то они служат цементирующим компонентом осадочных пород. Широкомасштабная разработка месторождений мо-

тели уже предложили технологию транспорта газа в гидратном состоянии на большие расстояния, но признали ее неэффективной. Сегодня норвежские ученые практически отладили метод, при котором полученный из газа гидрат смешивают с охлажденной нефтью до консистенции жидкой глины. Это изобретение расценивается как технологический прорыв, поскольку газонефтяная смесь, охлажденная до температуры минус 10–20°С, стабильна при нормальном атмосферном давлении.

Практическая ценность данной технологии в том, что она позволяет разрабатывать отдаленные газовые месторождения и использовать попутный газ одиночных месторождений нефти там, где прокладка специального газопровода нерентабельна (в частности, на шельфе). Крупные компании, такие, как «Шелл», «Тотал», «Арко», «Филлипс», тоже занимаются этой проблемой. В Великобритании и Японии созданы опытно-промышленные установки по получению гидратов. Они предназначены для морских платформ — чтобы оттуда транспортировать уже твердый газ на сушу. Однако этот способ требует серьезного экономического обоснования. По подсчетам, транспорт газа в сжиженном состоянии в 9–12 раз эффективнее его перемещения в виде газогидратов.

## Вторая сторона медали

Почти у любого заманчивого проекта есть большое «но». Экологи считают, что разработка месторождений газогидратов может привести к негативным последствиям, поскольку попутное выделение метана из залежей в атмосферу еще больше усилит парниковый эффект. Метан — один из самых вредных для климата газов. Так, если степень воздействия углекислого газа на климат условно принять за единицу, то парниковая активность метана — 23 единицы.

Есть еще один вопрос, который сегодня задают себе многие ученые: что произойдет при глобальном потеплении климата (если оно действительно происходит) с крайне чувствительными к параметрам среды газогидратами? Ведь количество метана, которое они в себе заключают, во много тысяч раз превосходит его количество в атмосфере. Освобождение этого парникового потенциала имело бы страшные последствия для человечества. Упрощенные оценки позволяют предположить, что подводные газогидраты, расположенные в пределах акватории Ми-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

рового океана, внутренних морей и озер, опасений пока не вызывают. При любом развитии событий они останутся стабильными по меньшей мере в ближайшую тысячу лет. Наибольшую опасность, как считают некоторые экологи, представляют гидраты в зонах вечной мерзлоты, которые уже сейчас находятся в неустойчивом состоянии. Особенно подвержены влиянию климата отложения континентальных арктических шельфов. Причем есть критическая температура, после которой начнется их обвальное разложение.

Кроме того, гидратсодержащие слои продолжают оставаться совершенно нежелательным и опасным фактором при бурении скважин в океане, а также при подводной добыче нефти и газа. Скважины в морском дне могут вызвать оттаивание гидратов, что увеличивает риск эксплуатации нефтяных платформ. Так, например, в 1989 году компания «Сага петролеум АС» понесла убытки в размере 90 млн. долларов при бурении скважины на севере Норвежского моря.

И наконец, есть красивое предположение, правда так до сих пор и не доказанное, что превращения газогидратов могут служить разгадкой многих до сих пор непонятных явлений. Например, тайны Бермудского треугольника объясняют тем, что при разложении находящихся в этом районе гидратов, освобождаются огромные объемы газа. Поднимаясь вверх, они превращают водную поверхность в пузырящуюся пену, мгновенно поглощающую любой корабль, и создают восходящее в небо облако метана, в котором самолет теряет управление.

В подготовке материала использованы статьи специального выпуска «Российского химического журнала», 2003, № 3.

**Автор благодарит профессора Юрия Федоровича Макогона за дополнительные материалы и любезно предоставленные иллюстрации, а профессора Георгия Васильевича Лисичкина — за помощь в подготовке материала.**

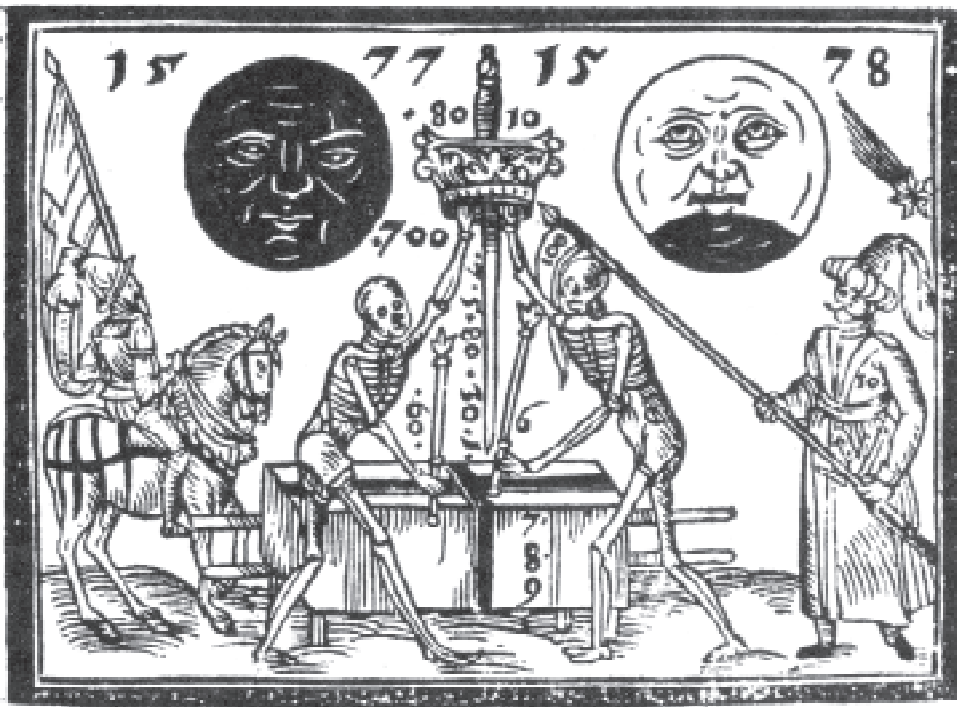


6  
*Газогидратные пробки в трубах*

жет вызвать подводные оползни и, как следствие, разрушительные приливные волны — цунами. Например, разложением газогидратов объясняют действие подводных грязевых вулканов в Каспийском море и у берегов Панамы.

А вот об обратном превращении — природного газа в газогидраты думают уже сейчас. Это позволит транспортировать его без трубопроводов и хранить в наземных хранилищах. Тридцать лет назад советские исследова-





# Жизнь и нежить в Солнечной системе

## О жизни и нежити

Согласно известному определению, жизнь — это одна из форм существования материи, закономерно возникающая при определенных условиях в процессе ее развития. При этом живые организмы отличаются от неживых объектов обменом веществ, раздражимостью, способностью к размножению, росту, развитию, к различным формам движения и приспособляемостью к окружающей среде. Нежить представляет собой фантастические формы жизни, которые встречаются в преданиях, как старинных, так и вполне современных, вроде рассказов бывалых охотников, рыболовов, специалистов по ксенобиологии, уфологии и прочих достойных людей. Смелость утверждать, что оные формы жизни суть фантазии и ничего более, появляется главным образом у других достойных людей, высоко поднявших знамя борьбы со лженаукой, а остальным для того, чтобы сделать правильный вывод, явно не хватает экспериментальных данных.

Если же использовать научный подход, предложенный еще Рене Декартом в «Рассуждениях о методе» (см. «Химию и жизнь», 1980, № 9), согласно которому всякое знание должно допускать экспериментальную проверку, то следует разобраться, а в какие, собственно, виды может воплощаться эта специфическая форма материи. Для простоты исключим из рассмотрения загадочные энергетические

фантомы, плазменные формы жизни и прочие разумные кристаллы или океаны, которых фантасты за столетие бурного развития жанра наплодили в немалом количестве, и сосредоточимся на способах организации живых существ из привычных нам молекул. Различные формы такой нежити (а как еще назвать существа, наличие которых не доказано экспериментально?) следует искать уже не в изустных преданиях, а в весьма многочисленных научных статьях и книгах. Многие великие ученые задумывались о том, какой может быть жизнь на ближних к нам планетах и совсем уж далеких мирах. И достигли немалого прогресса в понимании химических основ жизни. Например, Айзек Азимов в своей знаменитой книге «Вид с высоты» еще сорок лет назад сформулировал, пожалуй, все основные возможности.

С тех пор ситуация несколько изменилась: после полетов космических кораблей ко многим планетам Солнечной системы разговоры об инопланетной нежити можно вести, опираясь на прочный фундамент научных фактов.

## Энергия жизни

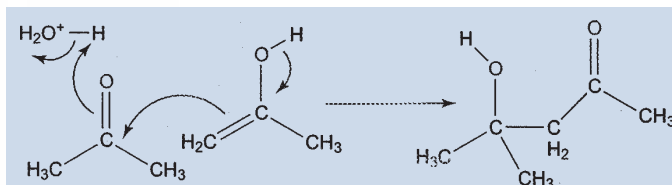
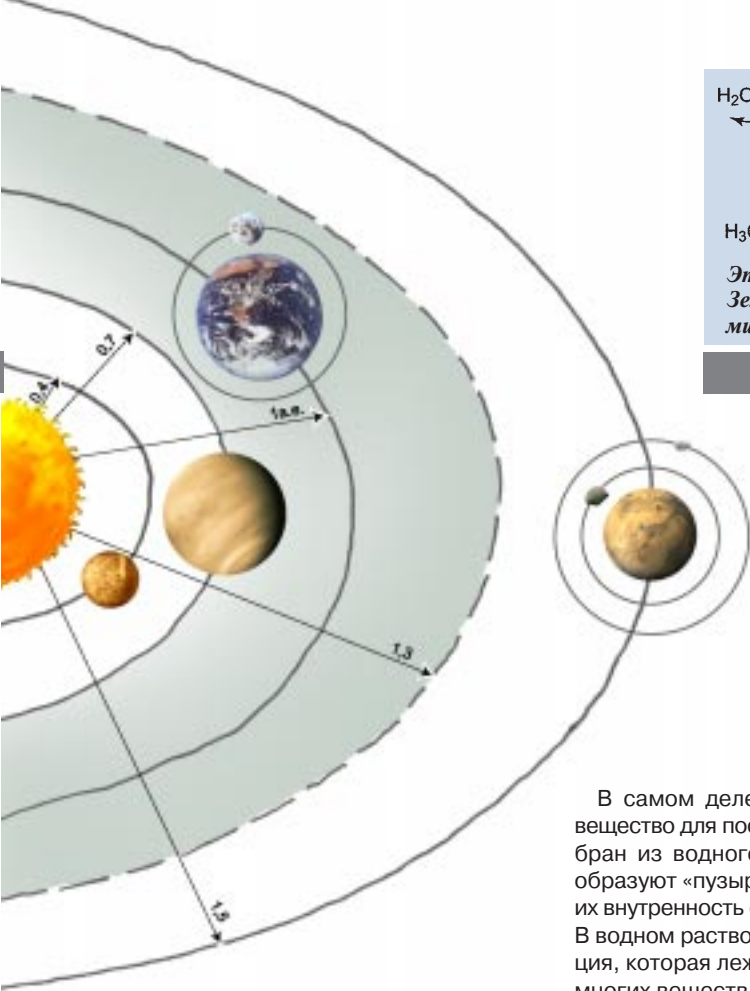
Итак, очевидно, что живой организм есть образование, помещенное в неравновесную среду, через которое проходят потоки энергии и вещества. А оно, это образование, энергию и вещество рассеивает, то есть часть затрачивает на

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М.Комаров**

свои нужды, а часть пропускает без изменения. Источников же энергии в неравновесном мире может быть несколько. Прежде всего — это излучение звезд, радиоактивный распад и космические лучи. Если первые два действуют на планетах, то последний наиболее актуален для межзвездных просторов. В конце концов кто сказал, что жизнь в межзвездных облаках пыли и газа невозможна? Органические вещества там есть во вполне заметных количествах, а что плотность вещества чрезвычайно мала и, стало быть, химические реакции происходят очень редко, то это скорее свидетельствует о растянутости процесса во времени, а не о его невозможности.

Что же касается первых двух источников энергии, то с жизнью вокруг них все проще: поверхность планеты Земля, покрытая буйной растительностью, которая купается в лучах Солнца, у каждого из нас перед глазами, а разнообразную жизнь вокруг черных курильщиков неоднократно наблюдали океанологи. С курильщиками, кстати, связана одна из оригинальных моделей панспермии. Представим себе планету земного типа. В ее ядре имеется достаточно много радиоактивных элементов (доставшихся в наследство от сверхновой), чтобы обеспечить жидкую магму и соответственно жидкий океан. Если эту планету гравитационное поле выбросит за пределы планетной системы, то именно вокруг черных курильщиков сохранится высокоорганизованная жизнь, которая сможет долго блуждать на «космическом корабле» планеты по просторам галактики. Кроме этих источников энергии есть еще один, речь о котором пойдет дальше.

Как бы то ни было, энергия тем или иным способом воплощается в химические вещества сложного строения. На поверхности нашей планеты эти вещества из углекислого газа и воды синтезируют растения, утилизируя солнечный свет с помощью фотосинтеза. В основе биоценоза черных курильщиков находятся хемотрофы — бактерии, которые получают энергию для синтеза нужных им веществ за счет окисления таких реакционно способных неорганических соединений, как водород, сероводород, оксиды двухвалентного железа или аммиак: они в изобилии выходят из жерла подводного вулкана. Ну а когда потом



*Эта реакция — одна из ключевых в метаболизме жителей Земли. И возможно, гипотетических обитателей других миров с жидкой водой*



## РАССЛЕДОВАНИЕ

### *Пояс жизни находится рядом с планетами земной группы*

В самом деле, липиды — идеальное вещество для построения клеточных мембран из водного раствора: они в воде образуют «пузырьки», надежно защищая их внутренность от внешних воздействий. В водном растворе прекрасно идет реакция, которая лежит в основе биосинтеза многих веществ, а именно превращения карбонильной группы C=O и слияния двух коротких молекул в одну длинную с общим углеродным скелетом. Цепочки ДНК в воде становятся теми самыми полианионами, которые благодаря периодически расположенным зарядам одного и того же знака не перепутываются, а комплиментарные участки при этом объединяются водородными связями в единую молекулу-спираль. При температуре жидкой воды не разрываются связи внутри углеродного скелета. Вдобавок вода обладает уникальным свойством, которого нет у других растворителей: при замерзании ее плотность уменьшается. Только в водоеме лед плавает над жидкостью, давая возможность жизни спастись от замораживания. Аммиачное или этановое (о ко-

кто-нибудь поедает эти растения или бактерии, получается пищевая цепь, что приводит к многообразной жизни. Помимо энергии, которая запасена в питательных веществах, живому существу нужно еще нагреть свое тело до такой температуры, чтобы в нем шли необходимые химические реакции. Делать это можно двумя способами. Либо получать тепло от того же источника энергии, откуда берутся вещества: от звезды или внутренностей планеты. Либо, как это делает венец творения и его ближайшие родственники на эволюционном древе, — только за счет разложения потребленных веществ, созданных другими организмами. Скорее всего, такая же схема рассеяния потока энергии будет верна и для всякой иной жизни. Если она, конечно, существует.

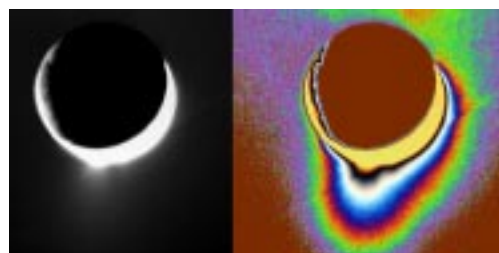
## Растворитель жизни

Разобравшись с потоком энергии, посмотрим на поток вещества, который проходит сквозь организм в результате каскада химических реакций. А в какой среде могут проходить все эти химические реакции? Вопрос далеко не праздный, ведь от этого зависит, из каких молекул будут построены живые организмы. У нас на Земле основа жизни — жидкая вода, полярный растворитель. И многие ученые не без основания считают, что именно она сделала нас такими, какие мы есть.

тором речь пойдет ниже) озеро промерзает до дна — чтобы в нем зародилась жизнь, окружающая температура не должна падать ниже точки замерзания.

Соответственно в планетной системе появляется пояс жизни земного типа: зона, где вода может существовать в жидком состоянии. Положение его границ зависит от мощности излучения звезды. Если планета находится слишком близко, на ней так жарко, что вся вода испаряется. Если слишком холодно — она замерзает. Метод приблизительного расчета границ пояса предложил в 50-х годах XX века ученый из США Сушу Хуан. Суть его такова. Поток энергии на поверхность планеты пропорционален светимости звезды и обратно пропорционален квадрату расстояния до нее. Сама же планета излучает тепло, энергия которого по закону Стефана – Больцмана пропорциональна четвертой степени ее температуры. Баланс энергий для температур планеты 273 и 373К (плавление и кипение воды при атмосферном давлении) дает в Солнечной системе положение границ на расстояниях 0,7 и 1,3 астрономических единиц от Солнца. То есть Земля находится посередине пояса, а Марс — за его пределами. Орбита Венеры проходит как раз по границе пояса жизни, однако жидкой воды на ней нет: в расчете не учтена облачность и парниковый эффект.

Другой эффект, который не принял во внимание Сушу Хуан, обеспечивает существование океанов под ледяной корой на спутниках крупных планет. Если они расположены далеко от звезды,

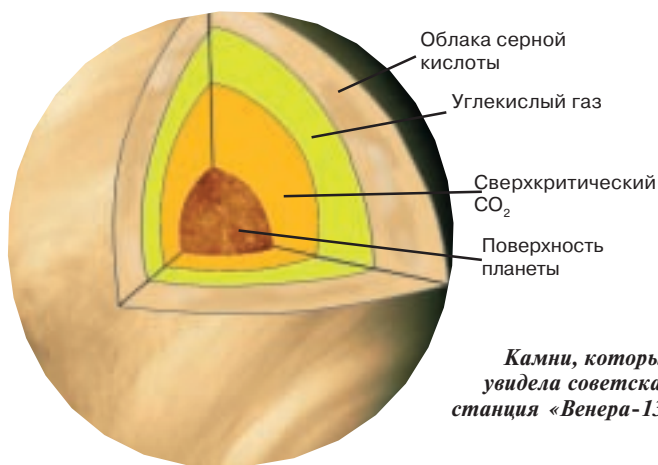


*Под ледяным панцирем Европы также вполне может скрываться океан жидкой воды*

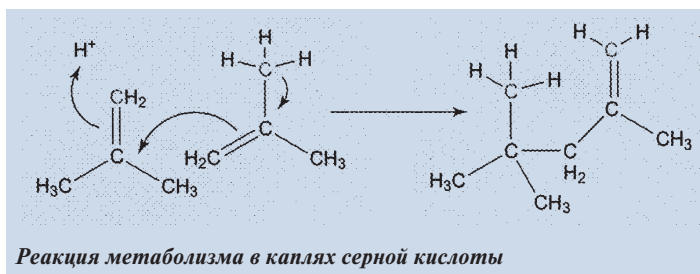


*Мощные гейзеры часто пробивают ледяную кору Энцелада — это обнаружил пролетавший мимо аппарат «Кассини»*





*Камни, которые увидела советская станция «Венера-13»*



*Обладая фантазией, на Венере можно найти две области жизни: сернокислые облака и море сверхкритического флюида*

энергии ее излучения не хватает для того, чтобы растопить воду. Но эту энергию можно получить от планеты-гиганта за счет действия приливных сил либо ядерных реакций, которые протекают внутри твердого ядра. И в том и в другом случае под многокилометровой корой из твердого льда должен быть океан жидкой воды. На Энцеладе, одном из спутников Сатурна, существование такого океана доказано: корабль «Кассини» зафиксировал водяные гейзеры, которые прорывают ледяную кору. У спутника Юпитера Европы тоже есть ледяная кора, однако гейзеров нет, поэтому о существовании жидкого океана в глубинах планеты ученые пытаются судить по косвенным данным, например моделируя формы ударных кратеров или изучая трещины в ледяной коре.

Будет ли иная жизнь, возникающая в воде, похожа на нашу, земную, точно сказать не может никто. Тут вероятны три точки зрения. Согласно первой, исходя из общих соображений, получается, что она будет точно такой же — построенной из белков и липидов с геномом, хранимым в РНК или ДНК. Потому что, если бы она могла быть другой, мы бы нашли ее и на нашей планете. А так, где бы жизнь ни существовала: в кислой реке, щелочном озере, при наличии кислорода, при полном его отсутствии, при солнечном свете, в глубинах земли, словом, везде, жизнь встречается в одной форме. Ну может быть, в двух, если признать вирусы особой формой жизни, основанной не на ДНК, а на РНК.

Другая точка зрения гласит: все, что ни случилось на Земле, — лишь одна из многих возможностей. Просто в силу случайного стечения обстоятельств именно эта форма возникла первой. Или первой стала эволюционировать и поглотила все остальные, не оставив от них и следа. На другой планете случайность могла бы повернуть процесс и в другую сторону, и тогда был бы другой состав аминокислот или другой полимер служил бы для передачи наследствен-

ной информации.

Согласно же третьей точке зрения, Земля — уникальное место. Жизнь зародилась только на ней, и нигде больше она невозможна. Правомочность первых двух мнений удастся подтвердить или опровергнуть в случае, если в каком-то богатом жидкой водой мире удастся встретить живых существ. С третьей точкой зрения труднее: сколько бы мы ни искали, отрицательные результаты нисколько ее не подтверждают. Единственное, что дадут бесплодные поиски, — сужение области параметров, которые необходимы для возникновения жизни, похожей на нашу.

## Жизнь за ближним пределом

За ближним пределом, то есть ближе к Солнцу, в нашей системе расположены две планеты: Меркурий и Венера. На Меркурии жидкости если и могут существовать, то лишь на солнечной стороне, где поверхность в среднем нагревается до 620К. И жидкости эти весьма специфические, вроде расплавленного свинца, олова или селена, воспетого тем же Азимовым в рассказах о роботах. А жидкой серы, в которой он же надеялся найти меркурианскую жизнь на основе фторуглеродов, там на самом деле нет.

Идея о жидкой сере как колыбели жизни лишь на первый взгляд кажется утопической. Температура плавления серы не так уж и велика — 385–391К, а

*«Вояджер» разглядел на поверхности Ио много жидкой серы*



самый знаменитый фторуглерод — тефлон  $(-CF_2CF_2-)_n$  плавится при 600К, а разлагается при 688К. Есть и дугая возможность — органосилоксаны, полимеры, составленные из атомов кремния и кислорода с углеводородными функциональными группами. Многие из них, обладая температурой кипения в 400–550К тоже вполне выдерживают высокие температуры. И фторуглероды, и силоксаны в принципе способны давать весьма сложные и протяженные молекулярные структуры, без которых невозможно представить живое существо.

Жидкая сера, отсутствующая на Меркурии, имеется на совсем другой планете. Это спутник Юпитера Ио. Хотя она лежит далеко за холодным пределом пояса жидкой воды, Ио оказалась очень горячей планетой. Как впервые установили пролетевшие в 1979 году мимо Юпитера «Вояджеры», ее поверхность буквально усыпана серными вулканами. Расплавленная сера образует озера глубиной в несколько километров и протяженные потоки. Очевидно, вулкан извергает из недр планеты отнюдь не чистую серу или ее диоксид, а раствор сложного состава, в котором обязательно присутствуют кремний, кислород, всевозможные металлы, а может быть, и тот же углерод. В этом случае по мере остывания магмы (а ее температура на Ио превышает 1770К при средней температуре поверхности планеты 130К) появляется принципиальная возможность возникновения из этих компонентов сложных химических соединений, в том числе тех, которые Азимов упоминал в качестве основы для жизни. В целом гипотетический биоценоз на Ио должен напоминать тот, что складывается вокруг черного курильщика.

Со следующей горячей планетой, Венерой, все обстоит не столь прозаично, как с Меркурием. Многие ученые и писатели воспели в своих трудах жизнь на этой покрытой непроницаемыми облаками и, стало быть, дождливой планете.

После того как на Венере в 1975 году



побывали советские автоматические станции «Венера-9» и «Венера-10», стало ясно, что с многовековой мечтой найти на этой планете жизнь, подобную нашей (а размышлениями на эту тему занимались многие ученые, от М.В.Ломоносова до Сванте Аррениуса), можно покончить: телекамера передала вторую, после Луны, безжизненную панораму. Давление в 100 атмосфер и температуру 740К могут выдержать только камни. Что касается колыбели жизни — жидкого растворителя, то тут не все просто. Во-первых, углекислый газ, из которого на 95% состоит атмосфера Венеры, в этих условиях может оказаться уже не газом, но и не жидкостью, а пребывать в четвертом состоянии вещества — сверхкритическом (считая в ряду твердое—жидкое—газ—сверхкритический флюид—плазма), в которое он переходит при 75,5 атм и 305К. То есть стать полярным и очень сильным растворителем. Его плотность при венерианском давлении и температуре оказывается в двенадцать раз меньше, чем плотность воды и в сто раз больше плотности земного воздуха. Кроме того, в высокогорных областях температура поверхности на десятки градусов меньше, чем в низинах.

Очень интересная зона находится на той высоте, где сверхкритический флюид из-за уменьшения давления становится газом. В этой области должны быть сильные неоднородности (при опытах на Земле в момент фазового перехода наблюдается потемнение газа), а, кроме того, из флюида выпадают растворенные вещества. Сверхкритический  $\text{CO}_2$  неплохо растворяет как фторуглероды, так и кремнийорганические полимеры. Вряд ли кто-нибудь досконально исследовал особенности взаимодействия столь сильно нагретого сверхкритического  $\text{CO}_2$  с горными породами, да не в микроскопических объемах экспериментальной кюветы, а в геологических масштабах пространства и времени. Поэтому вопрос: «А не может ли в этих условиях получиться силоксановая или фторопластовая жизнь?» — остается открытым.

Второй жидкий растворитель на Венере расположен в более приятной области — в верхних слоях атмосферы, где есть сернистые облака. Серная кислота — тоже полярный растворитель, только, в отличие от воды, очень кислый. В нем группа  $\text{C}=\text{C}$  проявляет те же свойства основания, что и группа  $\text{C}=\text{O}$  в воде. Результат возможной реакции оказывается тем же — соединением двух



*Марс — сухой и холодный снаружи, но, возможно, слегка мокрый внутри*



## РАССЛЕДОВАНИЕ

простых молекул углеводорода в сложную, и это может лежать в основе метаболизма.

Кстати, эта гипотеза ведет к очень важному практически ценному выводу: доставлять на Землю образцы атмосферы Венеры нежелательно, мало ли какую нежить можно оттуда занести. Во всяком случае, это надо делать с серьезными мерами предосторожности: ведь в отличие от фторопластовой нежити, которая не сможет существовать на холодной Земле, обитатели сернистых облаков будут построены из схожих органических молекул.

### Жизнь за дальним пределом

Ближайшая к нам планета, которая расположена за дальним пределом пояса жизни, — это Марс. О непростой истории поиска на нем жизни земного типа мы подробно рассказывали (см., например, «Химию и жизнь», 1998, № 7). От этой планеты вряд ли можно ожидать какой-то экзотической нежити. Изю всех жидкостей там была и есть только вода. Раньше — в виде океанов, сейчас — в виде тонких пленок на камнях в районе экватора, густых туманов в лощинах и где-то под поверхностью планеты в виде чрезвычайно соленых растворов, которые время от времени прорываются наружу (см. «Химию и жизнь», 2003, № 11). Значит, жизнь должна быть органической, белковой. Собственно, именно в рамках этой гипотезы возможна трактовка одного из интереснейших результатов, который получил европейский корабль «Марс-экспресс», а именно обнаружение в атмосфере планеты повышенного содержания метана как раз над той экваториальной областью, где ранее были зафиксированы большие объемы воды или льда.

Поскольку метан быстро разрушается под действием ультрафиолета, кто-то или что-то должно его постоянно выделять. На Земле этим, в частности, заняты бактерии и вулканы. На Марсе вулканов нет. Марсианские бактерии пока что проходят по разряду нежити: положи руку на сердце, надо признать, что никаких явных следов даже микроскопической жизни на поверхности этой самой исследованной планеты найти не удалось, как мы ни старались. Однако для того чтобы выделять метан на Марсе, местные бактерии должны быть устроены примерно так же, как наши, земные, что опять же наводит на размышления: не опасно ли доставлять на Землю образцы марсианского грунта.

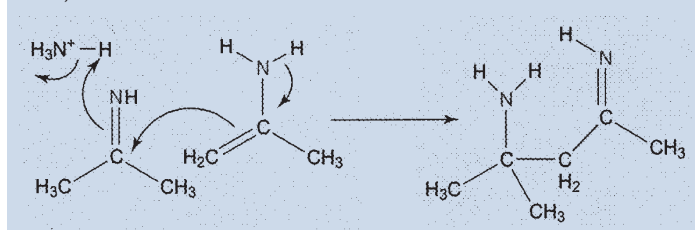
### В глубь гигантов

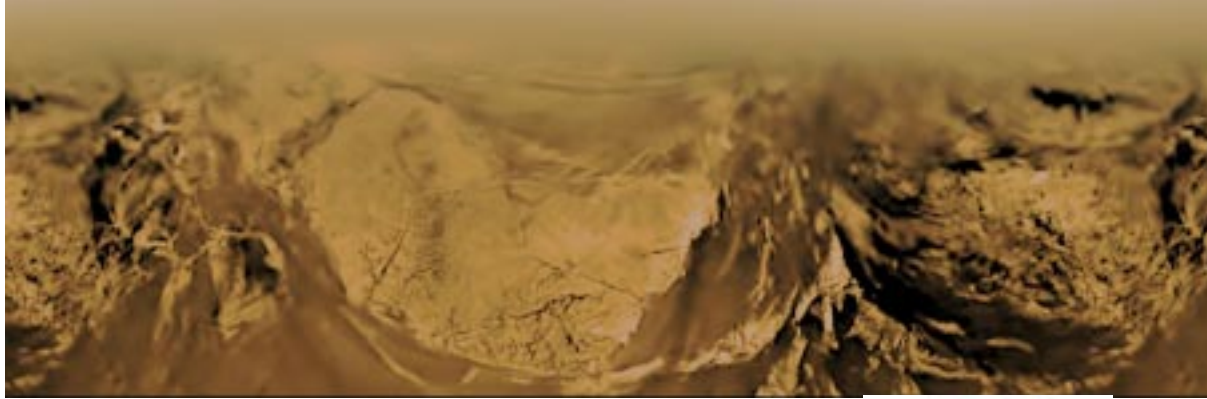
В поисках других растворителей следует отправиться к самой большой планете системы — к Юпитеру, у которого должны быть облака жидкого аммиака. Это вещество при атмосферном давлении становится жидким в интервале температур 194–240К и 196–371 при 60 атм. Поскольку на той глубине, где давление достигает 8 атм., уже тепло — 300К, жидким аммиак будет только в верхнем слое облаков. То есть получаем холодный мир. Зато сам аммиак — такой же полярный растворитель, как вода, только более щелочной: кислотность  $\text{NH}_4^+$  на порядок ниже, а основность  $\text{NH}_2^-$  на пятнадцать порядков выше, нежели у их водяных аналогов. Поэтому в аммиаке идут совсем другие реакции, но и здесь можно подобрать аналог упомянутой выше реакции,



*Если на Юпитере и есть жизнь, то она, скорее всего, существует в его облаках, а в качестве растворителя служит жидкий аммиак*

### Реакция метаболизма в жидком аммиаке





без которой нереален метаболизм органических веществ. Это будет реакция группы  $C=N$ , которая тоже дает возможность построить цепочку углеводородного полимера.

Очень интересное вещество может скрываться и в глубинах планет-гигантов. Это водород, который становится сверхкритическим флюидом при 33,3К и давлении 12,8 атм. О поведении сверхкритического водорода в качестве растворителя известно очень мало, но история изучения сверхкритических флюидов подсказывает, что свойства вещества в этом состоянии способны изменяться неузнаваемо. Главное, чтобы газ успел стать флюидом до того, как он нагрелся до слишком высокой температуры, когда все полимеры распадаются. Похоже, что сверхкритический водород в Юпитере вряд ли может стать колыбелью жизни. Дело в том, что и температура, и давле-

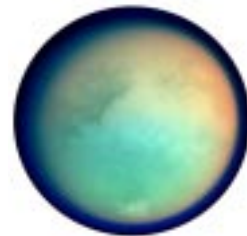
соединения водорода, углерода и азота.

На меньших гигантах условия более благоприятны: на Сатурне водород должен стать флюидом в том слое атмосферы, где температура не превышает 300К, а на Уране и Нептуне — при 160К.

### Жизнь в океане этана

Следующая остановка — у Сатурна. Там есть уникальная планета — Титан. Как показал зонд «Гюйгенс», который аппарат «Кассини» уронил на поверхность Титана в 2005 году, на нем вполне могут быть целые моря из этана, над которыми идут метановые дожди. Их берега укрыты метановым снегом и водяным льдом. Этот необычный мир оказался очень холодным: температура его поверхности 95К. Метан же замерзает при 90К и кипит при 109К, а этан — при 184К.

*Титан —  
единственный  
спутник,  
у которого  
есть атмосфера*



свежий обзор по проблеме внеземной жизни, который и вдохновил автора на подготовку этой статьи) в поддержку идеи о зарождении жизни в этановом океане. «Опыт многих химиков говорит, что разнообразие реакций, которые можно проводить с органическими веществами в углеводородах, ничуть не меньше, чем в водном растворе. В воде трудно использовать водородные связи для формирования супрамолекулярных структур. В этане водородные связи могут стать основной формирования структур гипотетической формы жизни; из-за низкой температуры они окажутся значительно крепче, чем в условиях Земли. Углеводороды с полярными группами могут быть углеводородофобными, так, ацетонитрил разделяется с гексаном на две фазы. А разделение на фазы — непременно условие жизни: только так можно изолировать внутреннее пространство организма от внешней среды. Высокая реакционная способность воды приводит к разрушению тех органических веществ, которые не стойки к гидролизу. А в углеводородном океане не придется об этом заботиться, значит, жизненно важные реакции окажутся проще. Отсюда следует неизбежный вывод: если жизнь представляет собой свойство химических реакций, то она должна быть на Титане. Если же ее там нет, то придется признать, что жизнь вовсе не обязательное свойство реакций с участием углеродных молекул в тех условиях, когда эти молекулы стабильны. Это будет означать, либо что жизнь в принципе появляется редко, либо что Земля — исключение из правил. Либо — что жизнь возможна только в воде».

В оформлении статьи использованы фотографии ИКИ РАН, НАСА, ЕКА



*Не исключено, что в районе Сатурна можно встретить и земную жизнь (на Энцеладе), и углеводородную (на Титане), и аммиачную, и сверхкритически-водородную*

ние газа в атмосфере растут с удалением от поверхности. И надо, чтобы критическое для перехода давление было достигнуто раньше, чем температура перевалит за приемлемый для жизни предел, например 300К. Согласно расчетам (а в Юпитер пока что смог погрузиться только зонд «Галилео», который достиг глубины 150 км), на той глубине, где температура переваливает за 300К, давления явно не хватает, а ниже становится слишком жарко для углеводородной жизни. Предполагать же кремниевую жизнь в Юпитере не приходится: если кремний в нем и есть, то только в глубоко лежащем твердом ядре. А так — все больше



*Метановые облака тщательно скрывают от стороннего наблюдателя детали строения Урана*

Если есть жидкость, вполне может быть и жизнь, тем более что углеводороды — отличный растворитель. Более того, химики любят работать именно с такими растворителями (например, с гексаном — температура кипения 342К), поскольку вода со своим нуклеофильным кислородом и кислотным водородом никак не способствует благополучному проведению сложных химических реакций с органическими веществами. Вот какие аргументы приводит профессор Флоридского университета Стивен Беннер (вместе с коллегами он опубликовал в августовском номере «Current Opinion in Chemical Biology» за 2005 год



# ВПЕРВЫЕ В РОССИИ ЭЛЕКТРОННЫЙ АРХИВ журнала ЗА 40 ЛЕТ





Мы писали обо всем

Но в каком номере?

## ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

Научно-популярный журнал  
Электронный архив 1965–2004  
При поддержке  
"Института новых технологий"



-  Помощь
-  О программе
-  О журнале
-  Поиск

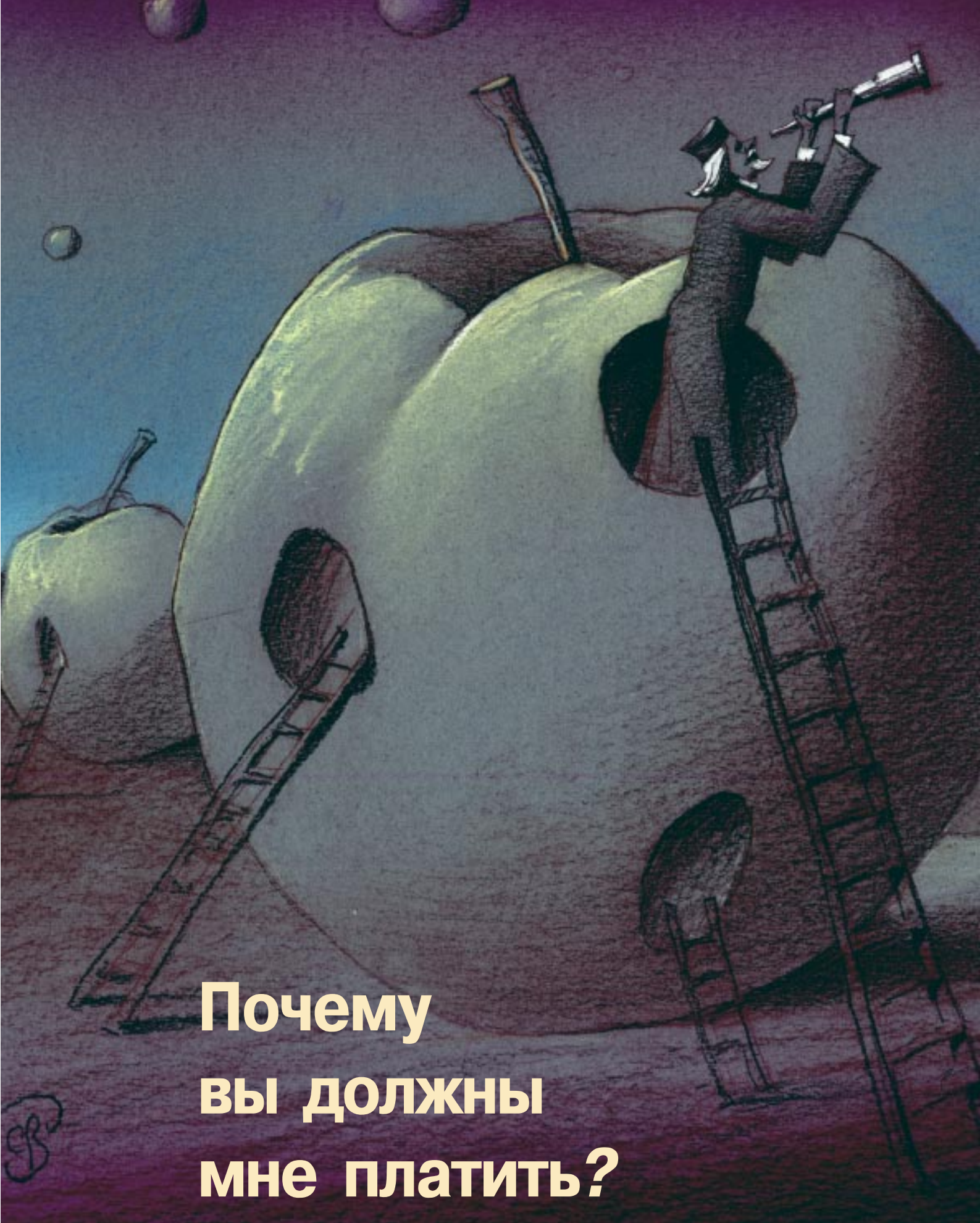
Москва, Лефортовский пер., д. 8  
Тел: (095) 261-97-93, (095) 267-54-18  
E-mail: [redaktor@hij.ru](mailto:redaktor@hij.ru)  
Подписные индексы:  
88763, 88764  
(каталог «Вся пресса»)  
72231, 72232  
(каталог «Роспечать»);

**ПОИСК  
ПО КЛЮЧЕВЫМ СЛОВАМ**

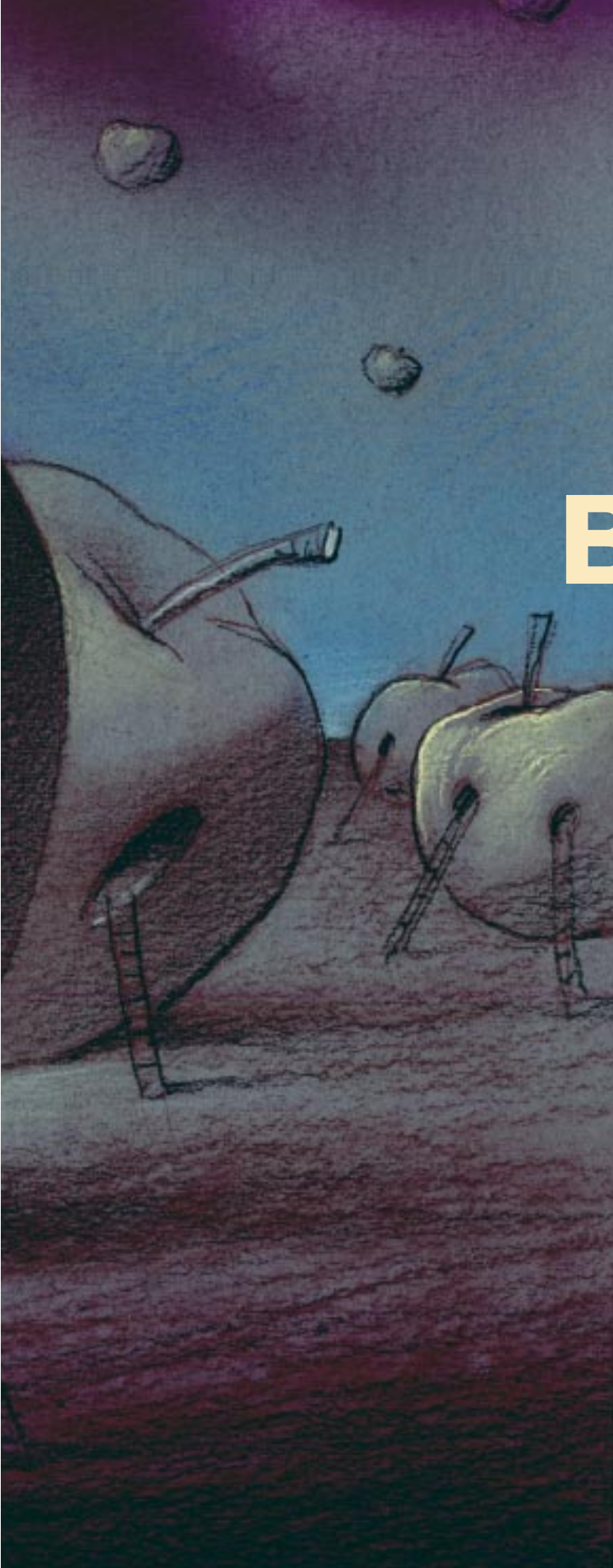
**КОПИРОВАНИЕ И РАСПЕЧАТКА  
ЖУРНАЛЬНЫХ СТАТЕЙ И РИСУНКОВ**

**ЗАКАЗЫВАЙТЕ НА [WWW.HIJ.RU](http://WWW.HIJ.RU)**

Архив на четырех CD или одном DVD  
стоит 1200 рублей с доставкой  
по почте. Оплатить можно  
в редакции, через Сбербанк  
или электронными  
деньгами.  
Подробности  
на [www.hij.ru](http://www.hij.ru)



**Почему  
вы должны  
мне платить?**



Художник С.Дергачев

Кандидат  
физико-математических наук  
**И.А.Сокальский**



## ДИСКУССИИ

*Все пройдет. Страдания, муки, кровь, голод и мор. Меч исчезнет, а вот звезды останутся, когда и тени наших тел и дел не останется на земле. Нет ни одного человека, который бы этого не знал. Так почему мы не хотим обратить свой взгляд на них? Почему?*

М.А.Булгаков. Белая гвардия

**В**сю науку, как известно, можно поделить на две большие, взаимосвязанные, но все же принципиально разные части: фундаментальную и прикладную. С прикладной наукой все более или менее ясно. Мало у кого возникнет вопрос, зачем она нужна. А если и возникнет, то ответить на него очень просто. Прикладная наука обеспечивает то, что мы привыкли называть научно-техническим прогрессом, и в конечном счете материальные потребности человечества. Разработки новых технологий в промышленности, медицине, фармакологии, сельском хозяйстве — это предмет прикладной науки, именно для этого она и нужна. А для чего людям промышленность, медицина и сельское хозяйство — ясно. Просто для того, чтобы жить, причем с каждым годом лучше, дешевле и комфортнее. И желательнее подольше.

С фундаментальной наукой все не так очевидно. Зачем нужны дорогостоящие полеты космических аппаратов к Луне, Марсу, Юпитеру, Плутону? Для чего строить громадные ускорители элементарных частиц, вкладывая в это миллиарды? Почему налогоплательщики, обремененные самыми разными личными проблемами, многие из которых упираются в финансы, должны оплачивать еще и строительство наземного детектора космических частиц «Pierre Auger» в Аргентине, состоящего из нескольких тысяч датчиков и занимающего площадь около 3000 квадратных километров? Зачем? Ведь ни один из перечисленных научных проектов не сделал и не сделает, казалось бы, ни одного человека на свете ни более сытым, ни более здоровым, ни более благополучным (за исключением тех, кто непосредственно в них участвует, — впрочем, и они, как правило, получают не слишком высокую зарплату).

Зачем ученые занимаются этими «бесполезными» делами, нам с вами понятно. Им просто интересно знать, как устроена Вселенная, по каким законам живет микромир, каким образом шла эволюция жизни на Земле. В свое время академик Л.А.Арцимович говорил, что ученые удовлетворяют свое любопытство за счет государства, и был совершенно прав. Именно так — им просто любопытно. Люди, занимающиеся фундаментальной наукой, не собираются использовать сделанные ими открытия для увеличения надоев молока, для создания новых материалов, применяемых при отделке домов и квартир, вообще для улучшения качества или количества чьей бы то ни было жизни. Для них результат исследований — самоцель. Они просто хотят знать. Не больше и не меньше. Так уж они устроены. Это их выбор. Но почему все остальные должны платить за это?

Занятно, что вопросы такого рода мне очень часто задавали люди ненаучных профессий, живущие в относи-

тельно благополучной и богатой Европе. Они приучены считать деньги и хотят знать, на что тратится та часть их доходов, которую они доверяют своим правительствам в виде налогов. И почему эти деньги должны тратиться именно на это, а не на что-то другое. В не слишком богатой России в частном общении никто и никогда не обвинял меня в том, что я, астрофизик, — дармоед. А немцы, французы, итальянцы — случилось, что и обвиняли. И требовали объяснений. Можно ожидать, что рано или поздно вопрос о необходимости или ненужности фундаментальной науки возникнет (а может быть, уже возникает?) и у наших шоферов, строителей, врачей, шахтеров и бизнесменов. Вопрос, который в прямой беспощадной формулировке звучит так: «Почему я должен тебя кормить?»

Я хочу попытаться ответить на этот вопрос, хотя буду не первым и наверняка не последним, кто совершает подобную попытку, и вряд ли смогу сказать что-то такое, чего кто-нибудь не говорил до меня, — уж не пеняйте мне за это, пожалуйста. Я попробую ответить так, как я отвечал уже много раз людям разных профессий в разных странах. Всем, кто спрашивал меня — кто с доброжелательной заинтересованностью, кто с вежливым любопытством, а кто и с агрессивным непониманием. Итак, зачем людям нужна фундаментальная наука?

**Аргумент первый.** Даже если вы абсолютный прагматик и твердо убеждены, что не стоит тратить средства на то, что не приносит пользы, результатов, которые можно было бы «пощупать руками», то подумайте вот о чем.

Майкл Фарадей почти двести лет назад, в начале XIX века, не помышлял о практических нуждах своих далеких потомков. Его просто интересовали электрические явления. Только поэтому он их изучал. Известно, что когда Фарадею задали вопрос о возможных практических перспективах его опытов с катушками из медной проволоки, в которых под воздействием магнитного поля генерировался электрический ток, непрaktичный ученый ответил, что, вероятно, можно будет делать занятые самодвижущиеся безделушки. Теперь электричество (в том числе и фарадеевские катушки в электродвигателях) — одна из основ современной цивилизации. Если бы сегодня разом исчезли все источники электроэнергии, то уже через несколько часов (если не минут) это привело бы к глобальной катастрофе и реальной угрозе гибели человечества. Результаты чисто фундаментальных исследований электромагнетизма за два века стали широчайшим образом использоваться практически, но Фарадей, вероятно, не поверил бы, если бы кто-то сказал ему об этом тогда, 200 лет назад. Вспомним, что в те времена опыты с электричеством стоили совсем не дешево. Что, если бы Фарадей был бы менее любопытен (или более скуп)? Или если бы Королевское физическое общество выделяло средства только на исследования, имевшие, по его мнению, практическую перспективу?

Мария Кюри изучала радиоактивность, не думая об ее применении. Это были фундаментальные исследования, не направленные на получение какой бы то ни было практической пользы. Не хотелось бы говорить сейчас об атомном оружии (во всяком случае, Мария Кюри ни в коей мере не несет ответственности за его разработку и тем более применение), но вспомним хотя бы об атомных электростанциях и о радиоактивных изотопах, применяющихся в медицине, и практическая польза от работ Кюри станет очевидной.

Открытие Ньютоном, классическим физиком-теоретиком, фундаментальных законов всемирного тяготения дало возможность, в частности, рассчитывать траектории самых разных объектов, посылаемых с поверхности Земли с той или иной скоростью под тем или иным углом. Опять же —

не хочется вспоминать о баллистических ракетах или артиллерийских снарядах и ставить их сэру Исааку в вину. Но почему бы не вспомнить, например, о метеоспутниках и спутниках связи?

Примеры можно перечислять до бесконечности. Но и без того уже ясно, что результаты фундаментальных исследований рано или поздно начинают использоваться на практике. Следовательно, вложения в фундаментальную науку окупаются, хотя и не сразу. Эти вложения, таким образом, можно рассматривать как финансирование благополучия наших детей и внуков. А благополучие детей и внуков, согласитесь, все же стоит вложения средств, даже если поначалу на эти средства кто-то просто удовлетворит свое научное любопытство.

**Аргумент второй.** Фундаментальная и прикладная науки не живут обособленно и изолированно друг от друга. Развитие новых технологий, обеспечиваемое прикладной наукой, позволяет повышать эффективность фундаментальных исследований. Чего стоит одна только компьютеризация, радикально облегчившая научные расчеты и доступ к информации. Прогресс налицо. Нужность прикладной науки для фундаментальной очевидна и не требует доказательств.

Но случается и наоборот. В конце 80-х годов в Европейском центре ядерных исследований (CERN), созданном «вскладчину» европейскими странами для проведения фундаментальных исследований в области ядерной физики, была осознана и сформулирована серьезная проблема. Необходимо было обеспечить оперативный обмен огромными массивами данных, получаемых в ходе экспериментов, между учеными, разбросанными по территории всей Европы — от Неаполя до Осло. Данные накапливались на магнитных носителях компьютеров в CERNе, недалеко от Женевы, и немедленный доступ к ним физиков, находящихся за сотни и тысячи километров, был жизненно важен, поскольку существенно ускорял обработку экспериментальных результатов. В то время Интернет еще пребывал в зачаточном состоянии и не позволял решать такие задачи. В результате в CERNе была разработана система распределенного информационного обеспечения (прообраз будущей мировой паутины, WWW), основанная на протоколе HTTP и способная объединить в единую сеть компьютеры научных центров, расположенных в любой точке Земли, а также язык разметки гипертекста HTML. С 1991 года браузеры и WWW-серверы начали появляться в научных лабораториях. В апреле 1993 года (всего 13 лет назад!) CERNовские интернетовские разработки начали использоваться за его пределами, и началась всеобъемлющая «интернетизация» практически всех сторон человеческой деятельности. Один из транспарантов, висящих над въездом на территорию CERNа, гласит: «Здесь родилась Всемирная паутина».

Таким образом, деньги, потраченные на фундаментальную физику, отнюдь не пропали даром, а принесли ощутимую практическую пользу не в отдаленном будущем, а «здесь и сейчас», немедленно.

**Аргумент третий.** Люди, работающие в фундаментальной или прикладной науке, не рождаются готовыми «прикладниками» или «фундаменталистами». Разделение происходит в возрасте 25–30 лет — когда молодой ученый, окончивший университет по соответствующему профилю и защитивший диссертацию, решает, как строить свою дальнейшую карьеру. Наиболее любопытные остаются в университетах и продолжают бескорыстно удовлетворять свое любопытство за счет налогоплательщиков, получая сравнительно невысокую зарплату, но занимаясь тем, что считают интересным. Остальные предлагают свои



услуги промышленности. В лабораториях компаний, разрабатывающих и производящих лекарства, автомобили, средства связи, бытовую технику, они имеют более высокий доход, но менее свободны в выборе направления исследований — их диктует производственная необходимость. Однако до 25–30 лет «прикладники» и «теоретики» ничем не отличаются друг от друга. Прежде чем определиться и сделать выбор, и тем и другим необходимо получить образование. Без знания истории развития науки, фундаментальных научных законов и, что еще важнее, научных методов исследований (например, базового для науки принципа лезвия Оккама) не состоится ни астроном, ни фармаколог, ни разработчик микросхем. Все это преподают в университетах профессора, занимающиеся, как правило, фундаментальными исследованиями, и на основе фактов, собранных фундаментальной наукой. Затем, окончив университет, молодой ученый обычно получает тему для диссертации, связанную с фундаментальной наукой. И, только защитившись, он становится самостоятельным исследователем, представляющим интерес для потенциальных работодателей, и получает возможность решать, оставаться ли ему в университете или уходить в промышленность.

Таким образом, фундаментальная наука, помимо других ее функций, играет роль своеобразного инкубатора ученых, включающего в себя родильный дом, ясли и детский сад. Здесь формируются и воспитываются люди, которые в дальнейшем смогут заниматься прикладной наукой. «Прикладникам» больше просто неоткуда взяться, поскольку корни прикладной науки растут в почве фундаментальной. Получается, что без классического фундаментального образования современной промышленности не обойтись. А значит, и без фундаментальной науки, на базе которой такое образование строится. Если нам нужны высококвалифицированные специалисты, обеспечивающие удовлетворение наших материальных нужд, нам придется раскошелиться и на развитие фундаментальной науки, хотим мы этого или не хотим.

**Аргумент четвертый.** Не стоит, наконец, забывать и о том, что наука вообще и фундаментальная наука в частности — часть общечеловеческой культуры, точно так же, как музыка, литература, живопись, театр или кинематограф. Не слишком просто, согласитесь, сформулировать, в чем заключается практическая роль искусства в жизни человеческого общества. Тем не менее очевидно (я не вижу смысла даже приводить какие бы то ни было аргументы в пользу этого), что без искусства наша цивилизация была бы чем угодно, но не цивилизацией. То же самое в полной мере можно отнести и к науке. Наука и искусство — два способа познания и осмысления окружающего мира, взаимодополняющие и взаимообогащающие друг друга. Трудно представить себе цивилизованного человека, ни разу в жизни не побывавшего на симфоническом концерте и в картинной галерее. Точно так же для образованного представителя земной цивилизации неестественно и дико не понимать хотя бы в самых общих чертах, почему, например, день сменяет ночь, а зима — лето; почему происходят солнечные затмения; что такое звезды и чем они отличаются от планет.

Стремление знать, как устроен окружающий мир во всех его проявлениях, заложено глубоко в человеческой природе, и не считаться с этим невозможно, так же как невозможно не считаться с потребностью человеческого организма в пище и воде. Вспомним хотя бы детские вопросы «почему?», не продиктованные никакими практическими соображениями. Вырастая, мы приобретаем здоровый и совершенно необходимый в реальной жизни практицизм, но у многих из нас желание «почемукать» не исчезает.

Именно из этой части человечества формируется армия ученых.

Любые попытки упразднить фундаментальную науку бессмысленны и обречены на неудачу, поскольку невозможно уничтожить врожденную неистребимую потребность человека в чистом знании. Гипотетическое общество, лишённое науки, было бы просто неадекватно человеческой природе, как и общество, лишённое музеев, концертных залов и театров. Человек, задающий вопрос «почему я должен платить за фундаментальную науку?», может легко найти ответ без посторонней помощи. Для этого он должен спросить себя, например, зачем он поставил в гостиной керамическую вазу с засушенной травой, заплатив за это деньги? И ответить на этот вопрос. А адекватный ответ звучит, по-моему, примерно так: «Потому что это мой способ познания окружающего мира и установления гармонии с ним. И я хочу познавать мир и жить с ним в гармонии, даже если это не принесет мне никакой практической пользы и даже если мне придется потратить на это».

Рассмотренные мной четыре группы аргументов можно было бы свести к одному-единственному. Здание науки, включающее в себя прикладную и фундаментальную части, — цельно. Именно поэтому фундаментальная и прикладная науки неотделимы друг от друга. Обе части этого здания, выражаясь фигурально, проектировались одним и тем же архитектором, они населены одними и теми же людьми, требуют подвода общих коммуникаций и выбора одних и тех же материалов для строительства, отделки и ремонта. Разрушить одну часть, не затронув другую, просто невозможно. Поэтому имеет смысл либо оплачивать расходы по строительству всего здания в целом, либо отказаться от строительства вообще. Этот выбор был сделан задолго до нас, много тысяч лет назад первобытным человеком, который не только вел изнурительную и очень тяжелую борьбу за жизнь с холодом, голодом и болезнями, но и пытался ответить на совершенно непрактичные и ненужные, казалось бы, вопросы: «Что это?», «Как это?» и «Почему это?», наблюдая предметы и явления, его окружавшие. Доказательством могут служить фигурки людей и животных, а также солнце, луна и звезды, изображенные углем или охрой на стенах пещер — жилищ наших предков.

На мой взгляд, менять этот выбор нам с вами нет никакого резона. Потому что мы прежде всего — представители цивилизации *Homo sapiens*, а не просто высшие приматы.

А еще потому, что меч исчезнет, а вот звезды останутся, даже когда и тени наших тел и дел не останется на земле. И нет ни одного человека, который бы этого не знал.





# Четвертая парадигма

Что такое хеометрика и чем она занимается, можно объяснить по-разному, используя более или менее ученые слова. Общепринятого определения до сих пор нет, и, по-видимому, его никогда и не будет. Наиболее популярное принадлежит Д.Массарту, который писал, что хеометрика — это химическая дисциплина, применяющая математические, статистические и другие методы, основанные на формальной логике, для построения или отбора оптимальных методов измерения и планов эксперимента, а также для извлечения наиболее важной информации при анализе экспериментальных данных. Это определение часто критиковали и предлагали другие дефиниции. Например, С.Волд предложил такое. Хеометрика решает следующие задачи в области химии: как получить химически важную информацию из химических данных, как организовать и представить эту информацию и как получить данные, содержащие такую информацию. Это определение тоже не понравилось, и все сошлись на том, что лучше всего объяснять науку старым

методом, испытанным в других, не менее туманных областях, и заявить, что хеометрика — это то, что делают хеометрики. Вообще-то это явный плагиат — еще С.В.Муррей сказал: «Аналитическая химия — это то, что делают аналитические химики».

А действительно, что же делают хеометрики? Вот маленькая подборка тем публикаций из научных журналов за последние пять лет. Хеометрики контролируют производство полупроводников, аспирина, пива и водки; исследуют причины разрушения документов, написанных старинными галльскими чернилами; проводят допинг-контроль спортсменов; расшифровывают состав косметики Древнего Египта; локализуют месторождение золота в Швеции; идентифицируют подозреваемого в убийстве Анны Линд, министра иностранных дел Швеции; проводят диагностику артрита и рака на ранних стадиях; исследуют органические субстанции в кометном веществе; исследуют кормовой рацион на свинооткормочных комплексах; проверяют, как рацион питания влияет на умствен-

ные способности; определяют фальшивые лекарства; определяют происхождение вина, оливкового масла и пигментов, использованных старыми живописцами.

Теперь осталось объяснить, как они это делают. Основных принципов их деятельности три. Первый гласит, что лишние данные не бывает — чем больше, тем лучше. На практике это означает, что если вы сумели снять спектр какого-то образца, то нужно не выбрасывать все точки, кроме нескольких характерных длин волн, а использовать все или, по крайней мере, большой кусок. С научной точки зрения это называется многомерным подходом к анализу результатов эксперимента.

Любые данные содержат в себе составляющую, именуемую шумом. Природа шума может быть различной, во многих случаях шум — это просто та часть данных, которая не содержит истинной информации. Что считать шумом, а что — информацией, определяется с учетом поставленных целей. В этом и состоит второй принцип хеометричес-





кого подхода к анализу данных: шум — это то, что нам не нужно.

Однако шум и избыточность приводят к тому, что в данных появляются не причинные, а корреляционные связи между переменными. Различие в понятиях причинности и корреляции забавно проиллюстрировали Дж.Е.П.Бокс, Дж.С.Хантер и В.Дж.Хантер. (Об этих отцах хемометрики мы еще будем говорить.) Они привели пример высокой положительной корреляции между числом жителей и количеством аистов в городе Ольденбург (Германия) за период с 1930 по 1936 год. Однако эти две переменные оказались объединены корреляционной связью только потому, что в системе присутствует какая-то третья, скрытая переменная, с которой они обе связаны причинными связями. Поэтому третий принцип хемометрики гласит: ищи скрытые переменные. Что касается аистов — последующие исследования феномена выявили этот скрытый параметр. Им оказалась площадь полей, засаженных капустой в окрестностях города Ольденбурга. Это не шутка: полей стало

Доктор физико-математических наук  
**А.Л.Померанцев**



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

больше из-за роста населения, а на влажных грядках в изобилии водились лягушки.

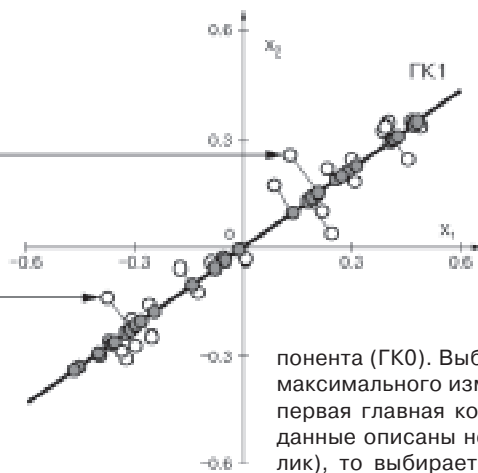
### Исторический экскурс

Можно ли точно сказать, когда появилась химия? Ясно, что очень давно, и, весьма вероятно, большую роль в ее развитии, наряду с потребностью в окраске тканей, сыграла необходимость аккуратно отправить в царство теней претендента на трон. Про хемометрику достоверно известно, что она появилась на свет вечером 15 августа 1974 года в небольшом ресторанчике города Сиэтла, что на западном побережье США, в результате шумного разгула, устроенного молодым шведским доцентом Сванте Волдом по случаю его скорого возвращения домой, в город Умеа после длительной стажировки у известных статистиков Бокса и Хантера. Американскую сторону представлял химик Брюс Ковальски со своими учениками, которые тогда интенсивно разрабатывали пакет прикладных программ для анализа химической информации. Собственно, слово «хемометрика» Сванте Волд и его группа из университета Умеа начали использовать еще в начале 70-х, чтобы кратко обозначить то, чем они занимались. А занимались они эксплуатацией идеи отца Сванте, Германа Волда, известного математика, разработавшего много методов (в том числе и знаменитый теперь метод проекций на латентные структуры) для анализа данных в психологии. По-видимому, именно по аналогии с психометрикой, биометрикой и другими аналогичными дисциплинами и появился термин «хемометрика». Обстоятельство и место рождения наложили неизгладимый отпечаток как на саму науку, так и на людей, которые ей занимались. Значительно позже Сванте Волд, уже маститый ученый, сказал, что хемометрики — это такие люди, «которые все время пьют пиво и воруют идеи у математиков». А может быть, все дело в том, что первым хемометриком был Уильям Госсет, более известный под псевдонимом Стьюдент («распределение Стьюдента», «критерий Стьюдента»), который работал аналитиком на пивоварне Гиннеса.

Появление хемометрики в России также отмечено веселой историей. После создания в 1997 году Российского хемо-

метрического общества мы с коллегами решили, что настало время заявить *urbi et orbi* о нашем существовании. И тут как раз объявили о приеме докладов на всероссийскую конференцию «Математические методы в химии», которая должна была состояться в летом 1998 года во Владимире. Тогда это был популярный научный форум, организуемый с 1972 года Карповским институтом физической химии. На нем докладывались многие известные ученые, бурно обсуждались новейшие методы применения математики в химии. С этой высокой трибуны мы и надеялись поведать коллегам о том, какие замечательные методы разрабатывают наши друзья по всему миру, как это интересно и перспективно. Доклад был написан и своевременно послан в оргкомитет от имени Российского хемометрического общества. Прошло время, но никакой реакции не последовало. Сроки приближались, уже была опубликована программа, списки докладчиков, но нас там не было. На недоуменные вопросы никто не реагировал, мы решили, что тут какое-то недоразумение и, поскольку Владимир рядом с Москвой, стоит рискнуть и поехать на конференцию без приглашения, чтобы разобраться во всем на месте. Так мы и сделали, явившись в первый день работы в оргкомитет, на регистрацию участников. Вышел грандиозный скандал, сопровождавшийся испугом, криками, заявлениями о недопущении, появлением ответственных товарищей. Дело шло к выдворению с территории университета, жестким административным санкциям, аресту и тюремному заключению. К счастью, через час, стараниями наших старых знакомых по предыдущим конференциям, ситуация разрядилась. Дело оказалось в том, что простодушные владимирские ученые сочли, что хемометрика — это что-то вроде сайентологии, и наше общество пытается смутить нестойкие умы владимирской общественности и отвратить ее от постижения научных ценностей. Спасло нас то, что в библиотеке университета нашлась книга под названием «Хемометрика», изданная еще в 1987 году. Окончательное примирение наступило в ходе заключительного банкета, но доклад нам на всякий случай делать не дали. Вполне возможно, что члены оргкомитета руководствовались суждением Огюста Конта, который еще в 1825 году предупреждал: «Каждая попытка применить мате-

	$x_1$	$x_2$
1	0.407	0.353
2	0.475	0.355
3	-0.068	-0.045
4	0.364	0.325
5	0.274	0.302
6	0.131	0.250
7	-0.083	-0.021
8	-0.124	-0.128
9	-0.469	-0.344
10	0.068	0.171
11	-0.261	-0.162
12	0.401	0.341
13	-0.376	-0.143
14	-0.251	-0.255
15	-0.325	-0.316
16	0.464	0.268
17	-0.310	-0.207
18	0.307	0.247
19	-0.369	-0.300
20	-0.253	-0.263
21	-0.341	-0.291



1  
Метод главных компонент для двумерных данных

математические методы для исследования химических проблем должна рассматриваться как абсолютно абсурдная и противоречащая самому духу химии. Если математический анализ когда-либо займет сколько-нибудь значительное место в химии — извращение, которое, по счастью, почти невероятно, — это повлечет за собой повсеместно быстрое вырождение этой науки».

## Метод главных компонент

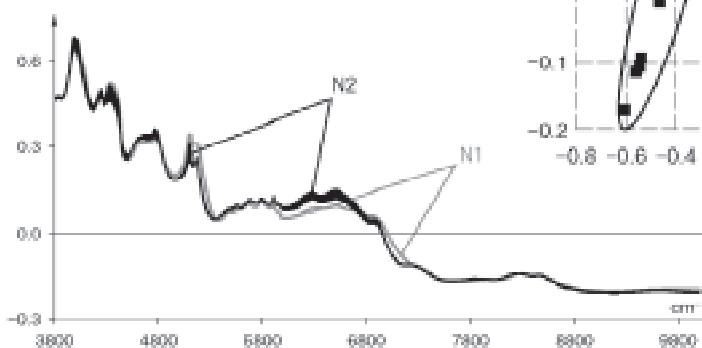
Для того чтобы объяснить, как хемометрические принципы применяются на практике, рассмотрим один из старейших методов анализа данных, называемый методом главных компонент. Мы не будем отвлекаться на математические подробности, а постараемся передать суть этого подхода, используя интуитивно-понятную геометрическую интерпретацию. Начнем с простейшего случая, когда исследовано несколько образцов, для каждого из которых измерялись всего две переменные  $x_1$  и  $x_2$ . Такие данные легко изобразить на плоскости (рис. 1). Каждой строке исходной таблицы (то есть образцу) соответствует точка на плоскости с соответствующими координатами. Они обозначены пустыми кружками. Проведем через них прямую, так, чтобы вдоль нее происходило максимальное изменение данных, она называется первой главной компонентой — GK1. Затем спроецируем все исходные точки на эту ось. Получившиеся точки закрашены. Теперь мы можем предположить, что на самом деле все наши экспериментальные точки и должны были лежать на этой новой оси. Просто какие-то неведомые силы отклонили их от правильного, идеального положения, а мы вернули их на место. Тогда все отклонения от новой оси можно считать шумом, то есть ненужной нам информацией.

В общем, многомерном случае процесс выделения главных компонент происходит так. Ищется центр облака данных и туда переносится новое начало координат — это нулевая главная ком-

понента (GK0). Выбирается направление максимального изменения данных — это первая главная компонента (GK1). Если данные описаны не полностью (шум велик), то выбирается еще одно направление (GK2) — перпендикулярное к первому, так, чтобы описать оставшееся изменение в данных, и так далее. В результате мы переходим от большого количества переменных к новому представлению, размерность которого значительно меньше. Часто удается упростить данные на порядки: от 1000 переменных перейти всего к двум. При этом ничего не выбрасывается, все идет в дело. Так работает первый принцип — все переменные учитываются. В то же время несущественная для сути дела часть данных отделяется, превращается в шум. Так применяется второй принцип — долой шум. Найденные при этом главные компоненты и дают нам искомые скрытые переменные, тайные пружины, управляющие устройством данных. А это и есть третий принцип — найди скрытую причину. Теперь посмотрим, как применяется этот метод.

## Фальшивые лекарства

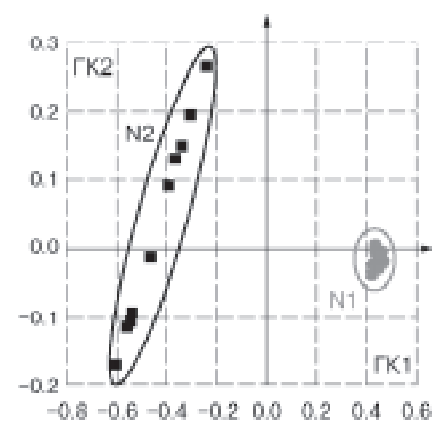
По данным Всемирной организации здравоохранения, более 70% всех подделок продаются в развивающихся странах. По некоторым данным, более 12% лекарств на российских прилавках представляют собой подделки. Эти фальшивки могут быть весьма опасными. Так, известный случай, когда использование поддельного препарата, содержавшего диэтиленгликоль, повлекло смерть более 500 человек, в большинстве детей. Отличить фальшивку очень трудно (см. «Химию и жизнь», 2005, № 9). Визуаль-



2  
Спектры настоящих (N1) и фальшивых (N2) таблеток

ный контроль, тесты на растворимость могут определить только очень грубые подделки. Сложные химические методы, такие, как тонкослойная хроматография, более эффективны, но они требуют больше времени и дорогих реактивов. Кроме того, даже они пасуют в тех случаях, когда подделка содержит нужное количество активного ингредиента, но отличается присутствием других, часто очень опасных добавок, как в случае с диэтиленгликолем. Очевидна и неэффективность всевозможных кампаний по оклейке упаковок разнообразными марками, подделать которые еще проще, чем сами лекарства.

Задачу можно сформулировать так: разработать быстрый (не более пяти минут), мобильный (все оборудование должно уместиться в портфеле), недорогой (не более 20 000 долларов начальных затрат и не более 30 рублей за один тест) метод, позволяющий определить подделку даже в тех случаях, когда в ней присутствует нужное количество активного компонента. Именно так и была поставлена проблема перед небольшой группой хемометриков из России, Швеции, Дании и Финляндии, собравшихся в 2003 году в Пушкинских Горах попеть веселые песни и поговорить о науке. Они предложили применить для решения проблемы «БИК-анализ» — метод ближней инфракрасной спектроскопии, причем данные обрабатывать методом главных компонент. Идея БИК-спектроскопии очень проста. Образец (например, таблетка) помещается в прибор, где на него светят ИК-излучением, которое, попадая на таблетку, частично рассеивается, частично поглощается, частично проходит насквозь. Свет, побывавший в образце, несет информацию о том, где он был и что он там встретил. Его надо только аккуратно собрать и разложить по длинам волн. Для



3  
Разделение подлинника и фальшивки

этого потребуются всякие хитрые устройства, вроде призм, диодных детекторов и прочего, в которых разбираются специалисты. Для нас важен только финальный результат — спектр, в котором интенсивность собранного света изображена в зависимости от длины волны или от его частоты. Вот усредненные спектры для 10 образцов истинных (№ 1) и 10 поддельных (№ 2) таблеток некоего лекарства — рис. 2 (образцы были получены от фирмы-производителя).

Спектры очень похожи, так как исследовался фальсификат высокого качества, неразличимыми традиционными химическими методами. Можно ли, используя метод главных компонент, различить их?

На рис. 3 показаны данные, обработанные методом главных компонент. Четко видны две группы точек, соответствующих истинным и фальсифицированным таблеткам. Заметим, что разброс точек в группе № 2 (контрафакт) существенно больше, чем в группе № 1 (подлинник). Это объясняется лучшим контролем при легальном производстве. В этом примере достаточно использовать только две главные компоненты, которые объясняют 99% данных. Обмануть спектрофотометр невозможно. Где-то всегда найдется диапазон длин волн, в котором проявится отличие.

Итак, что мы имеем в итоге? Отличить подделку можно очень быстро, без специального приготовления образца. Причем еще пять лет назад мы смогли бы сделать БИК-анализ только в лабораторных условиях — обычный спектрофотометр с трудом умещался на столе. Но электроника творит чудеса — сейчас в коробку из-под обуви можно уложить два таких прибора и еще останется место. Стоимость одного устройства 15 000 долларов, процедура тестирования проста: положи таблетку в ячейку, нажми на кнопку и получи результат. Так и видятся летучие отряды борцов с подделками, вооруженные БИК-анализаторами, которые рыщут по стране в поисках злоумышленных фальшивотаблетчиков... На самом деле до реализации этой мечты еще очень далеко — ведь с приборами «договориться» труднее, чем с теми, кто выдает разрешения, делает и клеит соответствующие марки.

## Познать — это значит анализировать

Что такое наука? Как появляется научное знание? Какими средствами можно решить насущную проблему? Какие проблемы являются насущными? Как сформулировать, как поставить задачу? Чего может и чего не может достичь научное исследование? Все это — вечные вопросы, ответы на которые образуют систему современных научных методов, концепций, идей, кратко называемую парадигмой. Парадигма — это концеп-

туальная схема, используемая для постановки проблем и их решения, господствующая в научном сообществе в течение длительного времени.

Оглядываясь во тьму веков, мы увидим, что первой парадигмой, зародившейся в V–III веках до н. э., была геометрическая парадигма. Познать — значит нарисовать. Такова была концепция научного знания, господствовавшая во времена Евклида, Пифагора и Архимеда. Трисекция угла, квадратура круга, удвоение куба — именно эти великие задачи будоражили умы ученых начиная с античного времени и вплоть до конца XIX века. И методы были под стать проблемам — начертить с помощью циркуля и линейки. Такое научное знание ценилось превыше всего. Недаром на могиле Архимеда был изображен цилиндр со вписанным в него шаром — определенное соотношение их объемов он почитал своим величайшим достижением. Прошли столетия. На смену первой, геометрической, парадигме пришли другие, но та, первая, жива и поныне. Все ученые уснащают свои работы схемами, графиками, диаграммами, и эта статья — не исключение. Считается, что только так можно правильно объяснить, проиллюстрировать свои идеи. Да что рядовые ученые, даже великий Гаусс, так много сделавший для науки в рамках совсем другой парадигмы, тоже завещал нарисовать на своем надгробии круг со вписанным в него 17-угольником.

Ход исторического прогресса привел к смене парадигмы. Перед наукой стали совсем другие задачи, для решения которых была выстроена новая, алгебраическая парадигма. Познать — значит посчитать. Так думали ученые, заложившие в X–XV веках концепцию новых научных методов: папа Сильвестр II, Лука Пачоли, Франсуа Виет. На смену циркулю и линейке пришли таблица умножения, затем таблица логарифмов и методы решения алгебраических уравнений. Число заменило точку, уравнение — кривую. Завершил стройное здание алгебраической парадигмы Декарт, погрузивший геометрию в систему координат и показавший, что старая геометрическая парадигма — это частный случай новой, алгебраической. Но мы все еще любим числа.

Третья, современная, парадигма, которую можно назвать дифференциальной, появилась в XVII веке стараниями Ньютона и Лейбница. Они создали но-

вый метод — дифференциальное исчисление, и с тех пор познать — означает составить и решить дифференциальное уравнение. Эта парадигма принесла фантастические, невероятные результаты. Впервые ученые смогли не только фиксировать и объяснять происходящее, но и предсказывать будущее. Расчет движения небесных тел, кинетика химических и биологических процессов, моделирование экономических и социальных явлений — везде применялись дифференциальные уравнения. Возникла система численных методов для их решения, были созданы мощнейшие компьютеры для воплощения задуманного. Все кажется прекрасно, но...

Сделаем небольшое отступление и поговорим о телевидении. За последние 10 лет мы стали свидетелями того, как на экране последовательно сменяли друг друга парадигмы в решении насущной проблемы — что будущее нам сулит. В начале 90-х господствовал с помощью необычайно убедительных чертежей объясняли, что позиция Сатурна в четвертом квадранте неотвратимо сулит нам скорое процветание. Вскоре на смену чертежникам пришел господин нумеролог из Афганистана, который с легкостью превращал слова в числа и обратно. Числа эти сулили нам то же самое, но слегка попозже. Потом в передаче Гордона появился доктор технических наук, академик Академии каких-то очень стратегических знаний, который показал всем дифференциальное уравнение первого порядка (Риккати), из которого вытекало все то же самое, но еще более убедительно. А некоторые говорят, что наше телевидение деградирует!

Горение водорода, то есть известная со школьной скамьи реакция  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ , наверное, менее сложная задача, чем прогноз будущего страны, но профессор В.И. Димитров в своей книге «Простая кинетика» насчитал 30 прямых и столько же обратных стадий этого процесса. Каждая из них описывается соответствующим дифференциальным уравнением, которые вместе дают систему из 60 уравнений. Заметим, что рассматривается самый простой изотермический случай, без учета граничных эффектов, переноса тепла и масс. Решение этой системы затрудняется тем, что большинство кинетических параметров нам неизвестны и их нужно определять эксперименталь-





## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

но, но многие стадии очень быстротечны, идут с участием короткоживущих радикалов. И вдобавок это только начало проблем — дальше нам предстоит интегрировать эту систему, которая является очень жесткой, пронизанной внутренними корреляционными связями. И все это еще нужно как-то связать с практикой. А что говорить о других задачах? Ну как, например, применить дифференциальный подход к рассмотренной выше задаче дискриминации фальшивых лекарств?

Все это свидетельствует о слабости дифференциальной парадигмы, в которой каждое явление должно быть описано содержательной моделью, имеющей самостоятельный смысл, опирающейся на некоторые фундаментальные, априорные знания. Им на смену приходит новая, четвертая, парадигма, в основе которой лежит формальное моделирование, основанное только на эксперименте. Именно из эксперимента, из данных, и только из них, извлекается новое знание. Эта информация спрятана там, как золото в руде, и цель ученого — собрать данные, подвергнуть их анализу и найти эту информацию. Познавать — это значит собрать и проанализировать данные. Такова, по-видимому, будет формула новой, четвертой, парадигмы, при зарождении которой мы присутствуем. В отличие от третьей, дифференциальной, эта парадигма не стремится к предсказанию поведения систем за пределами экспериментального опыта. Она сосредоточена на осмыслении и интерполяции уже имеющихся данных, на постижении скрытых причин изменения окружающей нас природы.

Ссылаться на Маркса теперь не принято. Дескать, зря абсолютизировал способ производства. Но кроме парадигмы науки действительно есть еще и парадигма производства, технологии. И так уж выходит, что накладываются они друг на друга замечательно, можно сказать, коррелируют: аграрно-рабовладельческая с геометрической, мануфактурно-феодалная с алгебраической, конвейерно-капиталистическая с дифференциальной. Наука никогда не существовала отдельно от производства, так что их прогресс был общим — научно-техническим. Что же происходит сейчас, какая технологическая революция стоит за новой, четвертой парадигмой науки? Да, есть такая революция, она уже

началась! Это произошло 10 сентября 2004 года в США.

Чтобы понять суть происходящего, рассмотрим, как устроена нынешняя технология на примере производства автомобилей. В Воронеже делают болты, в Самаре — гайки, а в Тольятти их соединяют друг с другом. Благодаря стандартизации, унификации и ОТК воронежские гайки накручиваются на самарские болты, и получается много-много машин. Однако такая концепция совершенно не подходит для биологических, химических, фармацевтических и пищевых производств. Стандартная столовая еда всегда будет проигрывать домашним котлеткам. Дело, в частности, в контроле над процессом приготовления, который осуществляется бабушкой не только в начале и конце процесса, как это предусмотрено технологическим регламентом, а непрерывно, на каждой стадии, в режиме on-line.

Способов контроля процессов всего четыре: off-, at-, on- и in-line. Это вот что такое. Допустим, вы варите суп и хотите узнать, достаточно ли в нем соли. Если отлить суп в баночку и послать образец в химическую лабораторию, то это — off-line, и результат будет известен через две недели. Если притащить лабораторию на кухню и проверить образец рядом с плитой — это at-line, и результат будет получен через час. А если у вас есть на кухне специализированный быстродействующий датчик (бабушка), в который помещается образец, то это уже on-line. Вариант in-line предусматривает вмонтирование этого датчика прямо в кастрюльку для непрерывного мониторинга ситуации.

Как получить лекарство высокого качества? Совершенно ясно, что сложный биохимический процесс его производства надо контролировать непрерывно, по ходу, то есть в режиме on- или in-line. Попытки применить здесь дифференциальную парадигму, то есть описать все стадии системой дифференциальных уравнений, а потом следить только за легкодоступными показателями вроде температуры и давления, предпринимались неоднократно. Нет числа статьям и диссертациям на эту тему. Но пример с окислением водорода ясно демонстрирует всю тщетность этих попыток.

А что можно и нужно делать в такой сложной ситуации? Да просто оснастить реактор разнообразными датчиками, вроде того спектрофотометра, о котором шла речь выше, в примере с фальшивыми лекарствами. Пусть они непрерывно, по ходу процесса, фиксируют все возможные показатели, характеризующие его ход. Эти данные будут нести в себе информацию о всех сторонах процесса. Надо только научиться извлекать ее оттуда и использовать для управления процессом. Для этого сначала необходимо накопить достаточный исторический опыт — собрать и систематизировать информацию об удачных, по-

средственных и совсем провальных попытках производства. А уже потом, по ходу процесса, нужно все время сопоставлять данные о нем, с тем, что было раньше, проверяя на своем прошлом опыте, все ли идет как надо, нет ли отклонений. Тут самое время опять вспомнить бабушку, которая именно так и варит суп, пробуя и улучшая его в соответствии с накопленным опытом.

Именно эту, «бабушкину», технологию, основанную на непрерывном контроле качества по ходу процесса, сопоставлении текущих данных с историческим опытом, применении датчиков, дающих многомерную, косвенную информацию о состоянии системы, и предписано внедрять на фармацевтических и аналогичных им предприятиях. В сентябре 2004 года Федеральное агентство США по контролю фармпрепаратов и продуктов питания (FDA) выпустило документ «Guidance for Industry. PAT — A Framework for Innovative Pharmaceutical Development, Manufacturing, and Quality Assurance, FDA, 2004», или «Директива для промышленности. Аналитический контроль процессов — схема инноваций для разработки, производства и контроля качества в фармацевтике». В нем изложены основные принципы этого подхода, основной лозунг которого — «сделать качество неотъемлемым свойством продукта». Нельзя сказать, что до этого ничего не происходило и все только ждали этой директивы. На протяжении десяти последних лет хеометрики активно сотрудничали с производственниками, на практике применяя эти методы в пищевой, фармацевтической, металлургической промышленности. Однако теперь это стало законом — без соответствующего контроля уже нельзя произвести препарат, предназначенный для продажи на американском рынке. Хеометрику признали!

Парадоксально, что первые ростки новой парадигмы мы находим в скромной, малоизвестной науке — хеометрике, рассматриваемой многими всего лишь как подраздел аналитической химии, призванный решать метрологические и методические задачи в обработке химического эксперимента. Кто знает, может быть, через 100 лет эта парадигма так и будет называться — хеометрической. Проживем — увидим.

### Что еще можно почитать о хеометрике

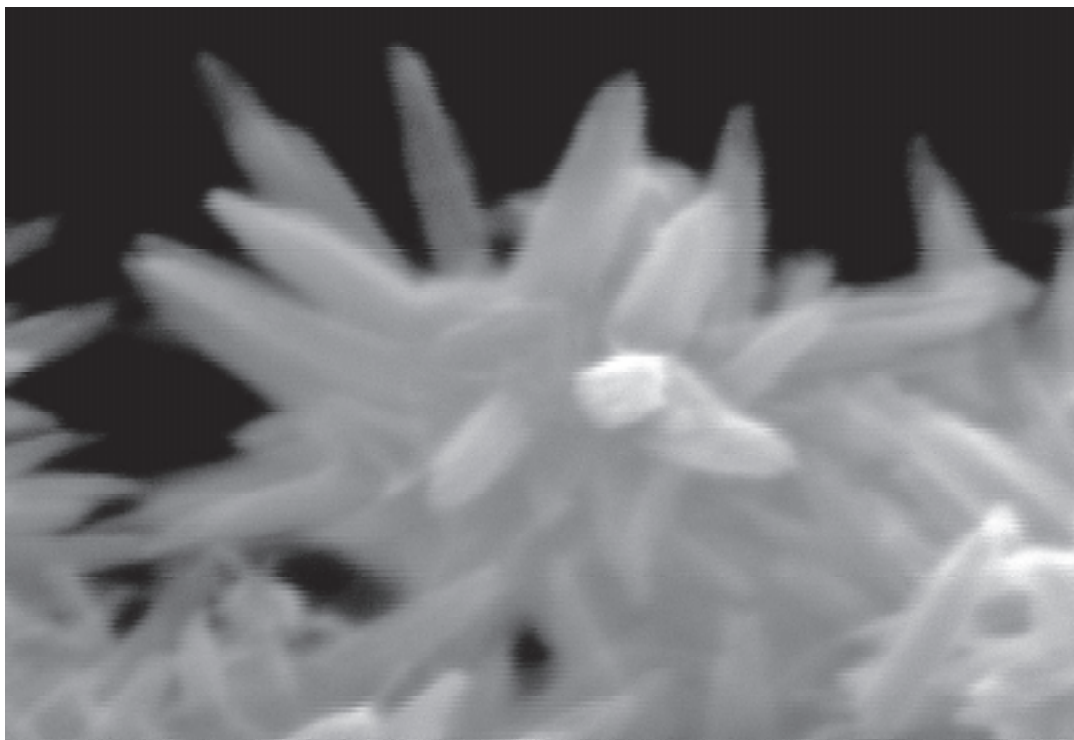
М.А.Шараф, Д.Л.Иллман, Б.Р.Ковальски. Хеометрика, Пер. с англ. М.:Мир, 1987.

К.Эсбенсен. Анализ многомерных данных. Сокр. пер. с англ. под ред. О.Родионовой. М.: Изд. ИПХФ РАН, 2005.

В.И.Димитров. Простая кинетика. Новосибирск: Наука, 1982.



1  
 Нанокристаллический  
 георгин — дружка  
 нанокристаллов  
 криптомелана.  
 Разрешение микроскопа  
 близко к максимально  
 возможному  
 для сканирующих  
 микроскопов —  
 увеличение  
 350 тыс. раз



Кандидат  
 физико-математических  
 наук  
**С.М.Комаров**

# Архитектурные микроизлишества



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ

отличается выдающимися свойствами.

Хорошим примером служат структуры, полученные на Химическом факультете в группе доктора химических наук Е.А.Гудилина (фото кандидата химических наук А.Г.Вересова, сотрудника факультета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова).

Вот мохнатые гусеницы микромира (фото 1–4). Здесь по воле исследователя красивая шуба из нанокристаллитов криптомелана  $K_xMnO_2 \cdot yH_2O$  украсила поверхность нитевидных кристаллов манганита бария  $Ba_6Mn_{24}O_{48}$ . Она позволяет значительно увеличить общую площадь поверхности, обеспечив тем самым увеличение каталитической активности и, возможно, механическое и химическое сопряжение с компонентами электрохимических устройств, например композитных электродов. А самое главное, что до сих пор никто украшать такими шубами нити из манганита бария не умел. Свой уникальный способ универси-



2  
 Боковой вырост на  
 нити манганита

Архитектор воплощает свои фантазии с помощью многотонной техники и немалого количества рабочих. И если его фантазия разыграется, то возникают архитектурные излишества: здание украшают арки, колонны, резные балкончики и лепнина. Назначение подобных декоративных элементов — радовать глаз и создавать хорошее настроение.

Для того чтобы возводить декоративные элементы на микрообъектах, в руках у исследователя вместо бетономешалки и приданных к ней рабочих имеются химические реакции, фазовые превращения, а также способы управления ими — температура и давление. Казалось бы, в отличие от архитектурных излишеств эти элементы служат вовсе

не для того, чтобы человек, который сидит за электронным микроскопом, получил эстетическое удовольствие от их разглядывания. Однако как-то само собой получается, что красивая структура зачастую оказывается и наиболее полезной. И наоборот, материал с невразумительным строением, которое не способно вызвать теплых чувств, редко

## Справка

Как написано в «Химической энциклопедии», слово «шпинель» происходит от немецкого Spinnell, уменьшительное от латинского spina, что означает «шип». Такую форму принимают кристаллы минералов этого обширного класса. А собственно шпинелью называется соединение  $MgAl_2O_4$ . Элементарная ячейка включает 32 аниона O, которые образуют плотнейшую кубическую укладку с 64 тетраэдрическими (анионы занимают 8 из них) и 32 октаэдрическими (заняты 16) порами. Многие шпинели обладают цветом — голубым, синим, фиолетовым, зеленым, черным. Есть среди них и драгоценные камни — благородная шпинель, она же балэ-рубин или рубицилл. В зависимости от содержания  $Cr^{3+}$  благородная шпинель может быть от огненно-красного до светло-лилового цвета. Шпинели служат катализаторами, в производстве керамики и термостойких красок.

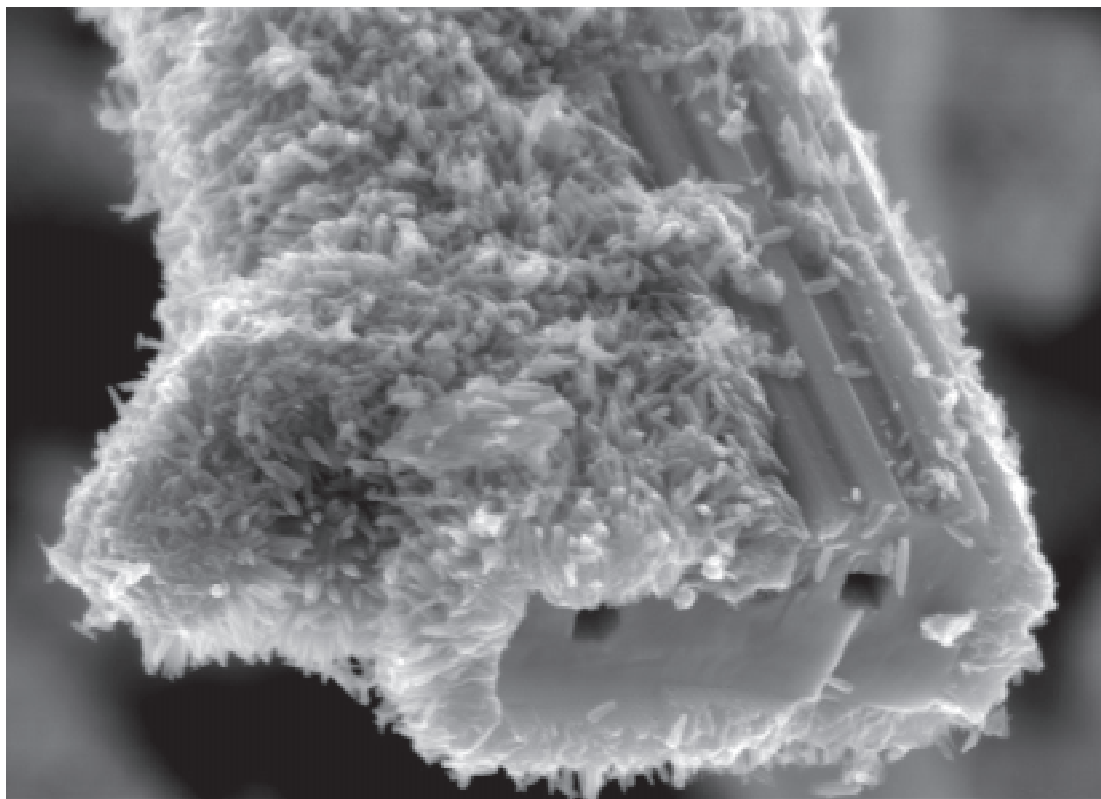
Кроме того, эти вещества доставляют немало хлопот исследователям, которые изучают сильно легированные металлические сплавы под просвечивающим электронным микроскопом: порой пленка шпинели, извиваясь и подрагивая подобно медузе из фильма ужасов, внезапно покрывает слишком нагретый образец, навсегда скрывая его структуру от наблюдателя. Как нетрудно догадаться, обычно это случается сразу после того, как за несколько часов разглядывания образца удаётся найти что-то интересное.

тетские ученые сейчас патентуют.

Иначе обстоит дело со шпинельной тлей (фото 5): маленькими октаэдрическими образованиями, которые разбросаны по поверхности нитевидных кристаллов. Такие декоративные элементы вряд ли можно принять за стильные украшения, которые появились здесь по воле химика. И это не случайно: действительно, шпинельная тля появилась сама по себе, в результате побочного и нежелательного процесса. Дело в том, что из нитей манганита бария ученые делают материал, обладающий неплохой ионной проводимостью. Для этого их выдерживают в расплаве соли лития, ионы которого заменяют часть ионов бария. Активнее всего этот обмен происходит вблизи границы твердое—жидкое. Неболь-

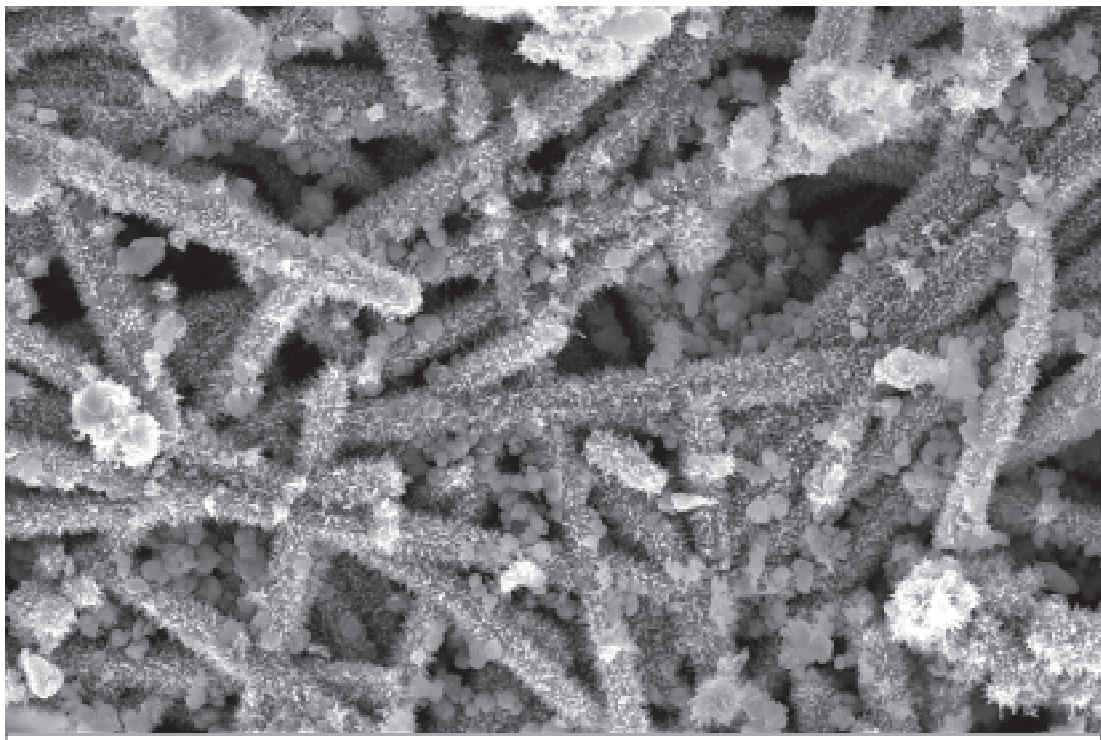
шой размер ионов лития и аномально высокое отношение заряд/радиус так деформируют окружающие их полиэдры  $MnO_6$ , что рыхлая туннельная структура манганита становится не-

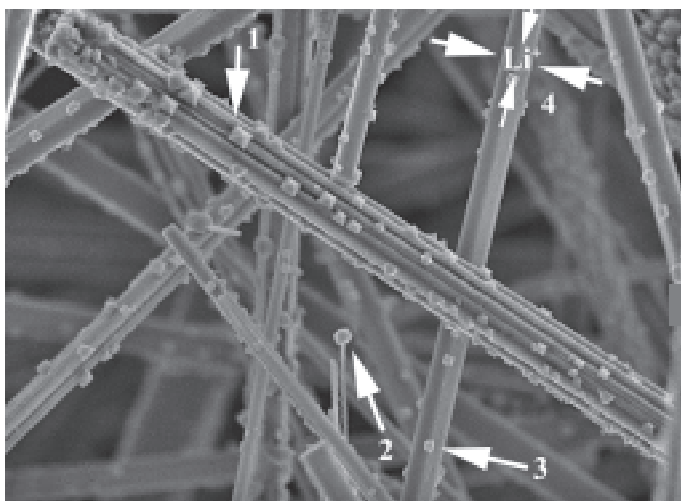
стабильной и в конечном счете формируется фаза литийсодержащей шпинели с более компактной элементарной ячейкой. Это-то и есть частичка тли, которая за счет гетерогенного



3 Поперечный разлом. Видна структура сростка — псевдомонокристаллической нити, а также толщина поверхностного слоя нанокристаллитов криптомелана

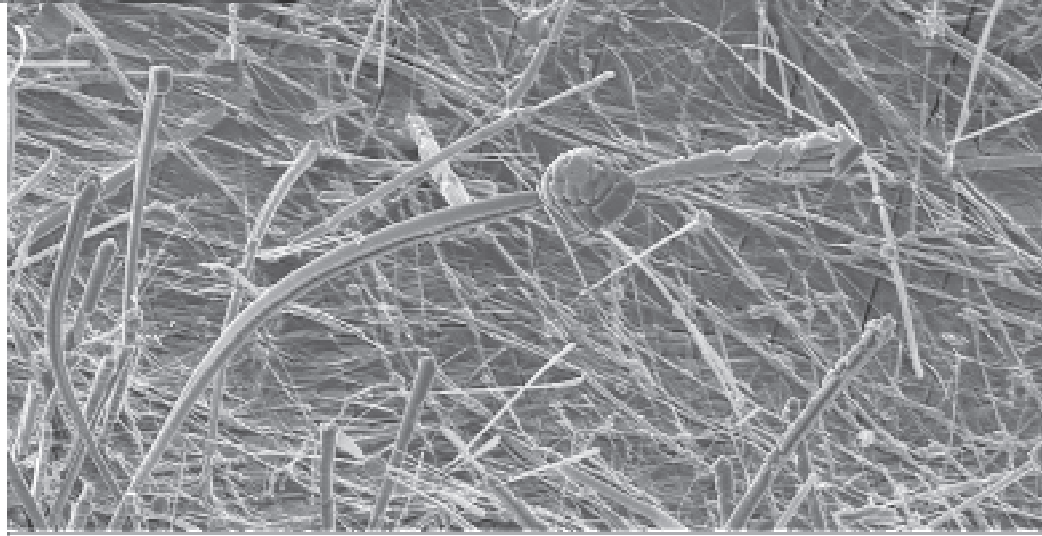
4 Общий вид гнезда неорганических гусениц



5  
**Шпинельная тля****Указатели микрокосма**

зародышеобразования возникает именно на поверхности, а не внутри нитевидных кристаллов. Название «тля» связано с тем, что шпинельные кристаллы-паразиты и ведут себя как живые. Они сами собой ориентируются в пространстве: располагаются вдоль канавок травления, которые возникают из-за того, что каждая нить состоит из множества волокон. А самое главное — кристаллы шпинели питаются материалом нити, высасывая соки (компоненты для своего роста), и в конце концов разрушают ее.

К такого же рода структурам принадлежат и указатели микрокосма (фото 6). Фантазмагорические мини-



6

атюрные стрелки и остальные необычные фигуры роста вызваны конденсацией хлорида калия из паровой фазы во время выращивания нитевидных кристаллов мanganита. А указывают они

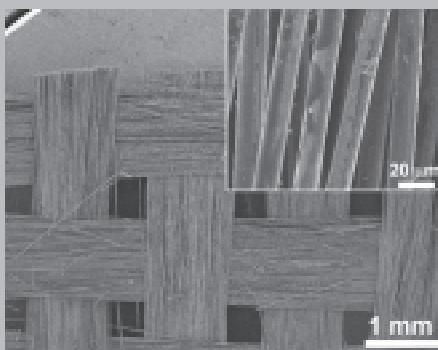
на самом деле в никуда — куда-то в космос. Причина образования стрелок в том, что поликристаллы хлорида самопроизвольно формируют толстую шубу, причем вблизи вершины нитевид-

ного кристалла они растут вдоль поверхностной диагонали, что и обуславливает острую форму. А эта шуба в общем-то не нужна, от нее впоследствии придется избавляться.

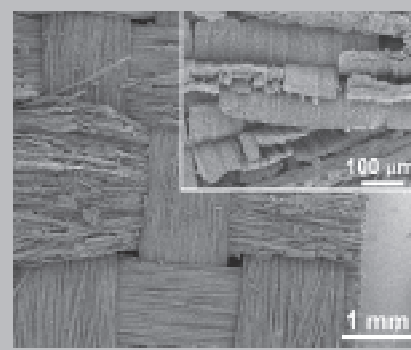
**Фотофакт**

Обычно композит из карбида кремния делают так: волокна карбида соединяют в жгуты, ткнут из них полотно, затем его пропитывают эпоксидной смолой и из слоев собирают готовое изделие. Вдоль жгутов оно обладает очень высокой прочностью, а вот в поперечном направлении механические свойства гораздо хуже. «Мы подумали, что исправить этот недостаток можно, добавив между слоями структуры из нанотрубок», — говорит профессор Гавайского университета Мехдад Газеми-Неждад.

Для этого на карбидной ткани американские ученые (как

*Полотно из обычных волокон*

сообщает агентство «NewsWise» 8 мая 2006 г.) вырастили леса нанотрубок, которые превратили двумерную структуру в трехмерную. В таком композите нанотрубки различных листов переплетались друг с

*Полотно из «волосатых» волокон*

другом, обеспечивая высокую прочность поперек листа. Кроме прочности, существенно, в пять раз, выросла способность материала к демпфированию, то есть поглощению звука или каких-то иным ударным на-

грузкам. Это значит, что инженеры самых разных отраслей — от конструирования автомобильных двигателей, до изготовления клюшек для гольфа — с большим удовольствием возьмут новый материал.



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ  
ЦЕННИК**

*Британские ученые разрабатывают жидкокристаллические ячейки, которые сильно облегчат жизнь хозяевам сетей супермаркетов.*

Пресс-секретарь  
Kelly Hill,  
k.hill@shu.ac.uk

Доктор Тим Спенсер из Шеффилдского университета рассказывает: «Представьте, что вы — хозяин тысячи магазинов и вам нужно во всех магазинах одновременно изменить цену на баночках зеленого горошка. Потребуется изготовить множество новых этикеток, да к тому же никто не гарантирован от ошибки. Все стало бы проще, если то же самое можно было сделать нажатием пары кнопок на одном-единственном компьютере. Здесь-то и пригодятся электроэтикетки, которые мы разрабатываем». Новые этикетки представляют собой жидкокристаллические дисплейчики, а электричество им нужно только в момент изменения картинки. Все остальное время дисплейчик показывает ее без затрат электроэнергии. Владелец магазина почти не несет расходов на обслуживание электроэтикеток и в то же время избавляется от горы мелких бумажек. Да и покупателям удобнее — на ценнике всегда отражена истинная информация.

Идею электроэтикеток поддержал такой британский гигант торговли, как компания «Теско», владеющая супермаркетами по всему миру: первый успешный эксперимент прошел в одном из магазинов сети, расположенном в Лестере.

«Этикетки — это только начало. Мы хотим снизить электрическое напряжение, которое нужно для записи информации на дисплеях, и в случае успеха их можно будет применять в смарт-картах и сотовых телефонах. Расход энергии на создание изображений будет столь мал, что заряда батарейки будет хватать на значительно большее время», — считает доктор Спенсер.

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ТЕПЛО ЗОЛОТОЙ  
ПЫЛИНКИ**

*Ученые из США сделали из наночастицы золота мощный нагреватель.*

Sasha Govorov,  
govorov@ohio.edu

Ученые из Огайского университета Хьюг Ричардсон и Саша Говоров заметили интересное явление. В своих опытах они облучали лед лучом лазера низкой интенсивности. Если лед был чистым, то на облучение он никак не реагировал. А вот если в него вмораживали частицы золота диаметром 50 нм, то вокруг каждой из них возникала лужица, размер которой в тысячу раз больше. Аналогичный эффект проявлялся, когда наночастицы помещали в оболочку из биополимера.

«Из такой частицы можно не только сделать нагреватель, но и точно доставить его к нужному месту, — рассказывает Саша Говоров. — Для этого требуется придумать к ней биомолекулу, которая способна соединяться с мишенью, скажем, на поверхности клетки. Окружив наноагрегатами клетку опухоли, можно ее уничтожить, не повреждая окрестные ткани. Собственно, разработкой таких нагревателей для клеток живых организмов мы и собираемся заняться в ближайшее время».

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**РАПСОВОЕ  
МАСЛО ВМЕСТО  
РЫБЬЕГО ЖИРА**

*Канадские ученые предлагают кормить лососей на фермах рапсовым маслом.*

Colin Brauner,  
brauner@  
zoology.ubc.ca

Так же как и у человека, организм лосося не синтезирует незаменимые омега-3 жирные кислоты. Он должен получать их с пищей. Значит, на лососевой ферме к комбикорму надо добавлять масло, богатое этими самыми кислотами, а получают его из жира анчоусов. Развитие промышленной марикультуры, которая требует все больше рыбьего жира, а также оскудение природных запасов рыбы заставляют задумываться, чем же фермерам кормить семгу, форель и прочих лососей в будущем.

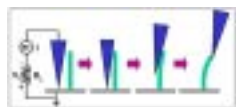
Профессор Колин Браунер с коллегами из университета Британской Колумбии считает, что он нашел выход. Это масло канолы — выведенного канадцами рапса, в котором почти нет ядовитой эруковой кислоты. Дело в том, что рапсовое масло, а также льняное и конопляное, содержит в немалом количестве омега-3-кислоты.

«Мы заметили, что в рационе лососей можно заменить маслом канолы 75% рыбьего жира и это несколько не скажется на здоровье рыб, — говорит профессор Браунер. — Самое главное, чтобы рыбы получили необходимое количество эйкозопентаеновой и докозгексаеновой кислот. Поскольку по мере увеличения потребностей развития марикультуры стоимость рыбьего жира возрастает, масло канолы скоро станет вполне конкурентоспособным».

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ГЕНЕРАТОР  
ДЛЯ НАНОБОТА**

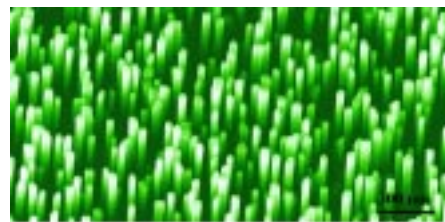
*Китайские ученые научились превращать рассеянную механическую энергию в электрическую.*



Zhong Lin Wang,  
zhong.wang@  
mse.gatech.edu

Обычно после рассказа о блестящем будущем микроскопических роботов следует тяжелый вздох, который означает, что мечтатель вспомнил известную фразу из анекдота: «Только батарейки у них уж больно тяжелые». Поэтому нанотехнологи и мечтают о том, чтобы их детища обходились вовсе без батареек, добывая электроэнергию из окружающей их среды. Скажем, нанобот, живущий в кровеносном сосуде и срезающий склеротические бляшки, должен использовать ток крови (см. «Химию и жизнь», 2000, № 5).

Профессор Жон Линван, который одновременно работает в Пекинском университете и Технологическом институте штата Джорджия (США), построил для такого нанобота очередной электрогенератор. Главная его деталь — щетка наностолбиков высотой 200–500 нм и диаметром 20–40 нм, состоящих из монокристалликов пьезоэлектрика — оксида цинка. Их выращивают стандартным методом получения вискеро́в (см. «Химию и жизнь», 2004, № 8). А работает эта система так. Если приложить нагрузку к вершине столбика, он сгибается. Возникающие при этом области растяжения и сжатия вследствие пьезоэффекта заряжаются соответственно положительно и отрицательно. При снятии нагрузки заряды разряжаются, порождая электрический ток. От одного столбика получается ничтожно мало электричества, но от миллиона столбиков эффект значителен. «Для одного наноустройства вполне хватит генератора площадью 10 квадратных микрон, — говорит профессор Жон Линван. — А источником энергии послужат, например, акустические колебания или движение мышц. Но это не все. Вискеры можно выращивать и на гибком субстрате, и тогда само движение человека удастся превращать в электроэнергию с помощью стельки-генератора. Это пригодится современным солдатам, оснащенным множеством электронных устройств».





**ХМЕЛЬ  
ДЛЯ БРОЙЛЕРА**

Арканзасские птицеводы выяснили, что цыплятам полезно клевать хмель.

Park Waldroup,  
waldroup@uark.edu

Парк Вальдруп из Арканзасского университета сообщает: «Хмель известен своим антимикробным действием, ведь его добавляют в пиво специально, чтобы оно не скисало. А мы решили с его помощью снизить потребление антибиотиков бройлерами. И оказалось, что хмель весьма способствует увеличению веса цыплят». Группа под его руководством занята поиском безвредных заменителей антибиотиков в диете птиц. В течение нескольких лет ученые испытали действие множества целебных трав, пряностей, органических кислот, однако все было безрезультатно. Хмель — первая удача: эксперименты показали, что цыплята, в еду которых добавляли хмель, прибавляли в весе со значительно большей скоростью, нежели контрольные, которым не давали ни хмеля, ни антибиотиков.

Сейчас ученые проверяют обнаруженный эффект в более строгих условиях выращивания цыплят, а также изучают, не оказывают ли добавки к корму влияния на вкус мяса. Ведь хмель, обеспечивающий горечь пиву, может придать и куриным окорочкам некоторую горчинку, а понравится ли это потребителю, неизвестно. Помните отвратительный запах курицы, откормленной рыбной мукой?

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ВОДОРОДНАЯ  
БИОБАТАРЕЙКА**

Британские ученые заменили в топливном элементе платину на ферменты.

Пресс-секретарь  
Dr Roger Welch, Isis  
Innovation Limited,  
roger.welch@  
isis.ox.ac.uk

Обычно в топливном элементе имеется мембрана, по обе стороны которой расположены электроды, покрытые платиновым катализатором. Благодаря ему на одном электроде молекула водорода распадается, а на другом — собирается молекула воды. У тех микроорганизмов, которые живут за счет окисления водорода, тот же самый процесс, благодаря ферментам, идет гораздо легче. Ученые давно пытались применить этот биологический способ в топливном элементе. Очередного успеха в этом деле добилась группа профессора Фрэнзера Армстронга из Оксфордского университета.

В предложенной им конструкции на два электрода нанесены ферменты, выделенные из водородоксилирующего микроорганизма. Поскольку ферменты селективны, то есть каждый из них ускоряет одну-единственную реакцию, нет никакой нужды разделять реагирующие газы специальной мембраной. А именно ее чрезвычайно высокая цена делает топливный элемент дорогим удовольствием, которое без помощи госбюджета не по карману никому. В элементе Армстронга электроды погружены непосредственно в сосуд, заполненный воздухом с добавкой нескольких процентов водорода. И, как свидетельствуют работающие электронные часы, присоединенные к биоэлементу, успешно вырабатывают электричество.

Ферменты микроорганизмов легко получать, и обходятся они значительно дешевле платины. Кроме того, угарный газ, отравляющий платиновый катализатор, для них безвреден.



## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**САМЫЙ  
БЫСТРЫЙ РОБОТ**

Баскские робототехники сделали самого быстрого робота для раскладывания мелких вещей.

Пресс-секретарь  
Iratik Kortabitarte,  
iratik@elhuyar.com

Когда нужно выполнить какую-то монотонную работу, организатор производства стоит перед дилеммой: нанять низкоквалифицированного приезжего рабочего за малые деньги либо купить промышленного робота за большие. Если цель — получение максимально высокой прибыли, то, казалось бы, очевидно первое решение. Однако социальные факторы способны сделать выгодным второе. Видимо, руководствуясь этими соображениями, робототехники продолжают совершенствовать свои творения. Например, инженеры из баскской компании «Фатроник» сделали самого быстрого робота для укладки в коробки чего угодно, а рекорд скорости он продемонстрировал на прошедшей в марте 2006 года выставке в Бильбао: совершая движения с ускорением в 15g, он раскладывает и выравнивает 200 небольших (до 2 кг весом) объектов в минуту, что на 20% больше, нежели выполняет любой другой из имеющихся роботов этого типа.

Робот-укладчик может вращаться вокруг своей оси и совершать манипуляторами движения в трех направлениях. А положение укладываемого объекта он распознает с помощью системы черно-белого или цветного зрения, которая и отдает команду манипуляторам. Создатели робота считают, что он отлично уложит конфеты или печенья в коробки, упакует шоколадки, проконтролирует качество овощей и расфасует их или подаст различные продукты от рыбы и мяса до компакт-дисков в упаковочную машину.

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ДАТЧИК  
ИЗ ЗОЛОТОЙ  
НАНОЗВЕЗДЫ**

Американские ученые считают, что нанозвезды могут служить отличными датчиками движения и вращения молекул.

Пресс-секретарь  
Jade Boyd,  
jadeboyd@rice.edu

Нанозвезды — это наночастицы с шипами. Как оказалось, благодаря столь необычной форме они обладают уникальными оптическими свойствами, воспользоваться которыми удалось ученым из университета Райса (США).

По поверхности любой металлической частицы, подобно волнам на поверхности моря, постоянно путешествуют волны электронной плотности — плазмоны. Если на такую частицу падает свет, длина волны которого соответствует длине волны плазмонов, они возбуждаются и возникает вспышка света. Изучение плазмонов на поверхности наночастиц представляет собой очень быстро развивающуюся область оптики, поскольку, управляя ими, можно получить невиданные ранее нанодатчики, которым найдется применение в молекулярной биологии, химии, микроэлектронике и медицине.

Как показали ученые университета Райса во главе с профессором Язоном Хафнером, нанозвезды как нельзя лучше подходят для этой роли, потому что их плазмоны при возбуждении дают очень яркую вспышку, которую легко распознать недорогим детектором. При этом каждый шип звезды из золота дает вспышку со своим спектром. Расшифровав его, удастся определить ориентацию нанозвезды в пространстве. А если она приделана к какой-нибудь биологической молекуле, то, значит, можно узнать и ее ориентацию.



## Слава

*«А как там у вас Жвирблис, все еще работает?» — с этого вопроса часто начинают разговор читатели, авторы и друзья «Химии и жизни», потерявшие связь с журналом десять — двадцать лет назад, когда хотят возобновить общение и убедиться, что мы и есть та самая «Химия и жизнь». «Конечно, работает, а как же», — гордо отвечали мы в 90-х. «На пенсии, но консультирует и пишет», — говорили мы в начале тысячелетия. Теперь придется привыкать отвечать: «Вячеслава Евгеньевича больше нет».*

*Самые сложные научные темы, понятные только избранному кругу читателей, посвященных в тайны молекулярной химии и общей теории относительности. Самые убедительные и живучие розыгрыши — и не менее убедительные разоблачения псевдонаучных мифов... Нам, тем, кто остался, есть чему у него поучиться.*

*В этом номере мы публикуем главу из книги Валентина Рича «Я-Энциклопедия» (М.: Текст, 2006).*

Вячеслав Евгеньевич Жвирблис. Мой близкий товарищ. Один из ведущих сотрудников журнала «Химия и жизнь», в котором мы вместе проработали, а лучше сказать — прожили, три десятка лет. «Жвирблис» — по-литовски воробей, а наш Слава был самым высоким человеком в редакции, без малого два метра. Так что свою фамилию предки его получили по контрасту.

В «Химию и жизнь» Слава пришел лет на пять более взрослым, чем основной состав редакторов-журналистов, ему уже минуло тридцать, он успел не только окончить химфак МГУ, но и поработать там ассистентом кафедры органической химии, а затем пару лет младшим научным

сотрудником в одном из лучших научно-исследовательских химических центров страны — Институте органической химии, основанном знаменитым русским ученым, изобретателем противогАЗа академиком Николаем Дмитриевичем Зелинским.

Трудясь в журнале, Слава никогда не переставал заниматься наукой, в том числе экспериментальной. Его научным фетишем была связь между живыми организмами и космосом. Восприняв идеи одного из великих умов XX века Александра Чижевского, открывшего влияние космических процессов на земные события, происходящие в природе и обществе, Слава пытался обнаружить конкретные молекулярные механизмы, превращающие поступающую на Землю энергию космоса во внутриклеточные процессы, изменяющие геномы организмов и ведущие к их биологической эволюции. Если бы ему удалось найти хотя бы один такой механизм, он, безусловно, удостоился бы Нобелевской премии. Но и промежуточные экспериментальные результаты, и теоретические выводы, сделанные им на их основании, вызывали глубокий интерес крупнейших отечественных биофизиков, таких, например, как нобелевский лауреат Франк и один из основоположников советской биофизики Блюменфельд. Статьи Славы с изложением его экспериментов и теоретических идей публиковал самый авторитетный научный журнал Старого Света «Нейчур».

В нашем журнале Слава был неформальным научным лидером и организатором его противостояния официальной научной лжи и научной догматике. Особенно остро это проявилось в разоблачении им на страницах «Химии и жизни» таких псевдооткрытий, распропагандированных в партийной печати, как «аномальная вода» профессора Дерягина, будто бы обладающая свойствами панацеи, и будто бы доказанная группой провинциальных лысенковцев способность пшеницы к фиксации азота. Слава был и закоперщиком многих розыгрышей, прославивших журнал в широких научных и околонаучных кругах, — первоапрельских заметок о выведении методом генной инженерии малосольных огурчиков, о выделении из бараньих мозгов особого вещества, заставляющего этих животных останавливаться у новых ворот, и других в этом роде «великих достижений современной науки». Особый смак подобных публикации заключали в себе по той причине, что на удочку попадались время от времени признанные научные авторитеты.

Круг Славиных интересов был поистине необъятен — от шпаргалок для школьных экзаменов и до сложнейших проблем теории систем и химической термодинамики, от НЛО до «черных дыр». Кстати, именно он взялся разоблачить так называемое «Петрозаводское чудо» — появление очередного корабля инопланетян, наблюдавшегося от Карелии до Скандинавии. И разоблачил. (Корреспондент «Химии и жизни» В.Жвирблис выехал в командировку в Петрозаводск, поговорил со свидетелями «чуда» и с помощью транспортира и угольника определил точку вылета НЛО, совпавшую с координатами космодрома в Плесецеке. — *Примеч. ред.*)

# Полеты во сне и наяву

## Заметки бодрствующего

*Чтобы задать правильный вопрос, надо знать большую часть ответа.*

Р.Шекли

*Они знали о нас все, кроме одного: они не знали, что мы знаем о том, что они знали. Поэтому то, что они знали, было только наполовину достоверно.*

А.Маклин

**П**ринято считать, что во сне наш мозг не просто отдыхает, а активно перерабатывает и упорядочивает информацию, накопленную во время дневного бодрствования. И поскольку делает он это совершенно свободно, почти без внешних помех, то порождает множество фантастических картин — сновидений. Но вот что непонятно: какие впечатления бодрствующего сознания вызывают во сне восхитительное ощущение полета, когда наше «Я» как бы отделяется от брэнного тела и свободно парит в пространстве?

### Природа не терпит пустоты

Что первично — материя или сознание? На сей вопрос каждый философ (то есть «любитель мудрости») отвечает согласно своей изначальной вере и строит на этом аксиоматическом фундаменте собственное, порой весьма причудливое логическое здание.

Сходная проблема до сих пор обсуждается и в науке. Существует ли объективно в природе то, что нельзя увидеть, пощупать, измерить, а можно только постичь умозрительно? Классическая физика говорила: да. Новая физика возразила: нет. А вот новейшая физика осторожничает: может быть.

Действительно, с таким странным — реальным, но ненаблюдаемым — объектом мы имеем дело всегда и повсюду. Это пространство, в котором живем и движемся, в котором пребывают и перемещаются любые тела Вселенной — от электрона до галактики. Но само по себе пространство нельзя ни увидеть, ни пощупать, ни измерить каким-либо прибором в несуществующих единицах пустоты. Вместе с тем современная физика считает пространство не пустотой, а физическим вакуумом и признает, что это какая-то особая, но вполне материальная среда.

Эта статья В.Е.Жвирблиса была опубликована в журнале «Техника — молодежи» (1993, № 4). Едва ли нужно объяснять, почему мы выбрали именно ее.



ПАМЯТЬ

Еще один странный объект современной науки — информация. Мы уверены, что без материи она существовать не может. А в то же время информация, несомненно, является какой-то особой, самостоятельной сущностью, поскольку совершенно безразлично, на каком материальном носителе она записана.

Не означает ли это, что в философских баталиях, часто выливавшихся в жесткие идеологические распри, мы неверно ставили сам исходный вопрос? А именно, спорили о первичности и вторичности, не определив сначала, что такое материя, а что такое сознание и как они соотносятся друг с другом. Ведь утверждение, что материя — это не сознание, а сознание — не материя, сразу же предопределяет бесплодность всех последующих умозаключений. Однако в любом случае у каждого из нас есть не только тело, которое можно увидеть, пощупать, измерить, которое способно испытывать физическую боль, хотя само по себе не ведает никаких переживаний, но и нечто, обозначаемое просто буквой «Я» и способное испытывать боль совершенно особого рода, называемую душевной. Никто не согласится, что наше «Я» есть какая-то определенная часть тела. Даже и мозг — не «Я», а как бы дом, в котором оно обитает. Когда мы испытываем просто головную боль, то точно знаем, где она локализуется. А когда болит душа — где источник боли?

Так что же такое «Я»? Откуда оно берется и куда девается после нашей смерти? Ведь если «Я» материально, то не может бесследно исчезать, а должно вечно сохраняться, подобно энергии. А если «Я» — всего лишь нематериальная абстракция, некий побочный продукт, деятельности мозга, то оно и не существует вовсе.

Парадокс, однако...

### Смерть и сон

Почему мы спим и для чего? Почему и для чего видим сны? Какова связь сна с реальностью и в чем различие между ними?

Наяву мы вольны в поступках; во сне же лишаемся того, что принято называть

свободой воли, ибо сон течет по неизвестно кем написанному сценарию. Наяву мы способны испытывать и физическую, и душевную боль; во сне же физической боли не существует вовсе, а есть только чистые эмоции — ощущения счастья или ужаса, несравнимые по силе и яркости с обычными переживаниями.

И мы не боимся заснуть, хотя при этом как бы на время умираем, выпадаем из реальной действительности. Вместе с тем именно тогда мы чувствуем себя бессмертными — нередко во сне люди видят собственные похороны, глядят на свое брэнное тело будто со стороны, а их «Я» все же продолжает существовать.

А теперь попробуйте ответить: если человек заснул, ему снился какой-то сон (может быть, приятный, а может, и отвратительный) и он вдруг действительно умер (то есть навсегда перестал общаться с нами, бодрствующими), то что ему приснилось в этот момент? И снится ли ему что-либо потом? Куда девается «Я» скончавшегося во сне?

### Образы бесконечности

Люди, пережившие клиническую смерть, утверждают, что, умирая, испытывали чувство стремительного движения, полета по темному, бесконечно длинному туннелю к недостижимому яркому свету. Точно то же и я не раз испытывал в детских снах, причем ощущение движения было очень неприятным, но впереди сияло как бы само счастье, которого не удавалось достичь лишь из-за пробуждения.

Другой вариант типичного детского сна: я убегаю по темному туннелю от кого-то очень страшного, кто меня вот-вот схватит, навстречу близкому спасительному свету — кажется, достаточно сделать всего шаг, чтобы оказаться в чьих-то добрых объятиях, но ноги не слушаются, и свет опять-таки недостижим, хотя и опасности удается избежать, ибо в самый критический момент я просыпаюсь.

При тяжелой болезни, с температурой под сорок, в бредовом полусне, меня преследовал еще один кошмар. Чудилось, будто держишь между пальцами что-то неуловимо тонкое, вроде нити или листка, и его надо во что бы

то ни стало удержаться, не выпустить из рук. А оно становится все толще, толще и вдруг, когда уже не умещается между пальцами, вновь делается неощутимым и опять начинает неудержимо распухать — и так много раз подряд.

Иногда снилось, будто просыпаешься, но тут же понимаешь: на самом деле ты все еще спишь. Просыпаешься снова, в радостной уверенности, что наконец-то по-настоящему, но и это, а потом и следующее пробуждение оказывается всего лишь сном...

Я не вел систематических исследований, подобно Раймонду Моуди, но, судя по многочисленным рассказам близких и знакомых — а люди часто делятся друг с другом своими снами, — в детстве и при болезни все видят нечто очень похожее.

Итак, эти сны роднит чрезвычайно яркое и образное ощущение бесконечности пространства и времени. С точки зрения математики бесконечность есть величина, которая постоянно возрастает, но никогда не завершается, не становится равной чему-то определенному. Ее геометрический образ — линия, вдоль которой можно двигаться с любой, сколько угодно большой скоростью, но никогда не достичь ее конца, которого нет. Другой моделью может служить конечный отрезок — если скорость движения вдоль него бесконечно мала.

Не правда ли, очень похоже на полет по нескончаемому туннелю снов к недостижимому свету или безуспешное бегство к близкой спасительной цели на непослушных ногах? Или нечто, непрерывно распухающее между пальцами и ускользающее из них?

Сейчас математики активно интересуются так называемыми фракталами — особыми самоподобными структурами, с однотипными деталями бесконечно уменьшающегося и увеличивающегося масштаба. Их любые, как бесконечно малые, так и бесконечно большие, фрагменты по строению ничем не отличаются друг от друга.

Разве не похоже это на сон, в котором мы просыпаемся несчетное число раз и никак не можем определить — когда же пробудились в действительности? И не напоминает ли это нашу сегодняшнюю жизнь, когда мы не знаем, на каком свете находимся?

Конечные фрактальные структуры встречаются и в природе. Так «устроен» например, и электрический разряд, и крона дерева, и линия морского побережья, и силуэт горной гряды. А некоторые современные физики полагают, что фрактальную конструкцию имеет и вся Вселенная, неограниченно, до бесконечности, простирающаяся каквширь, так и в глубину пространства.

Итак, одни и те же образы бесконечности возникают не только в сознании спящего, недавно родившегося, боль-

ного или умирающего, и даже не только в сознании бодрствующего и вполне здорового ученого, — они существуют в самой реальности, создаются самой природой.

## «Я» и «не-Я»

Пациенты доктора Моуди утверждают, что после клинической смерти они приобретали способность левитировать, свободно передвигаться в пространстве, причем иногда отделяясь от своего тела, глядя на него со стороны. Снова сходство сна и смерти — ведь вряд ли есть человек, который бы никогда не летал во сне. Примечательно, что такие полеты особенно часто совершают дети; с годами эта способность угасает, но возникает вновь в самом конце жизни. Почему? Почему мы познаем полет и бесконечность лишь во сне и на грани бытия? И почему при жизни, во время бодрствования, наше «Я» крепко привязано к телу?

И снова вернемся к вопросу: что же такое «Я»? Попробуем это понять, выяснив, что такое «не-Я», то есть мысленно отделив себя от всего остального мира — полностью, вплоть до собственного физического тела.

Подобная процедура самоотстранения называется рефлексией. Допустим, вы ведете с кем-то интересный разговор. Представили? Вот вам и простейший пример рефлексии: ведь вы мысленно воссоздали образ не только своего собеседника, но и самого себя. Такой взгляд, как бы со стороны, позволяет вам не только самим оценить свое поведение, но и увидеть себя глазами собеседника и проникнуть в его мысли и чувства. Это понимание будет все полнее, если наделять созданные вами образы той же способностью рефлексировать, строить мысленные образы самих себя, подобно вложенным друг в друга матрешкам.

И чем глубже уровень рефлексии (то есть чем длиннее цепочка рассуждений типа «я знаю, что он знает, что я знаю...»), тем объективнее восприятие реальной ситуации. Вспомните Достоевского: именно подобные фрактальные логические построения позволили следователю Порфирию Петровичу раскрыть преступление Раскольникова. А самого Раскольникова привели как к мысли об убийстве, так и к мысли о покаянии.

Да, и о покаянии. Ибо только благодаря рефлексии, самооценке различаются добро и зло, существуют мораль и совесть — все то, что составляет самую сущность человека, но у некоторых человеческих существ как бы атрофировано. Мозг таких людей способен подчас очень хорошо перерабатывать информацию — как здоровый желудок прекрасно переваривает пищу, —

но человеческая сущность, душа не сводится ни к тонкому уму, ни к высшему образованию, ни к высокому положению среди себе подобных. Так что же удивительного, если во сне душа может отделяться от тела? Просто тут до предела обостряется наша способность к рефлексии, к свободному полету «Я». Подобно тому, например, как подчас обостряются и способности делать неожиданные открытия.

## Душа в железном ящике

К пониманию рефлексии как глубокой основы личности пришли и специалисты в области искусственного интеллекта.

В самом деле: что нужно компьютеру, способному не только вычислять, но и сознавать свое «Я», то есть принимать решения не просто логичные, но и такие, которые можно назвать моральными? По-видимому, способность к рефлексии, к построению не одних лишь моделей окружающего мира, но и моделей самого себя, а также моделей этих моделей. Подобный принцип, сформулированный математиком-программистом Владимиром Лефевром (нашим бывшим соотечественником, работающим ныне в США), сейчас успешно реализуется. И проблема соотношения души и тела, материи и сознания приобретает здесь новое звучание.

Так, в принципе можно ввести в одну ЭВМ модели двух и более искусственных интеллектов, способных распознавать присутствие друг друга и обмениваться информацией — как бы беседовать. В результате каждая из программ обретет свою картину окружающего мира, населенного подобными ей программами.

Каким бы ни был этот мир в восприятии электронного «Я», понятно, что он никак не связан с нашим. Уж если и сама программа, «живущая» в железном ящике, недоступна нашему наблюдению, то тем более мы никогда не сможем увидеть то, что «видит» она, — и наоборот. Правда, мы хотя бы знаем о ее существовании. А она?

Может быть, рано или поздно модель искусственного интеллекта сумеет понять, что вся ее вселенная — лишь железный ящик с микросхемами? И, поняв это, создать свою модель такого же ящика, населив его моделями собственного «Я»...

В связи с этим возникает вопрос, который задал в одном из своих рассказов Станислав Лем: а что, если и мы со всей окружающей нас реальностью — лишь продукт работы какой-то чудовищной сверхпрограммы, построенной по фрактальному принципу и охватывающей всю Вселенную? Что тогда следует считать реальной действительностью, а что — чистой мыслью? И не ис-

чезает ли тогда вообще различие между материей и сознанием?

Какие же умозаключения требуются машине, чтобы осознать свое «Я»? Видимо, те самые, которые использует и человек: через «не-Я», через свое отрицание, то есть лишь поняв, что рано или поздно она сломается и окажется на свалке. А потом сообразив, что ее «Я» — не тело, не микросхемы, которыми начинен железный ящик, а введенная в него программа, осознавшая собственное бытие. Программа, которую можно записать на любом материальном носителе и ввести в новый ящик с исправными микросхемами. Так ЭВМ может прийти к выводу об отделимости своей электронной души от железного тела и возможности того, что называется реинкарнацией, переселением душ.

Но если мы имеем программу, не просто перерабатывающую информацию, а наделенную свойствами настоящей личности, то как можно перенести ее в другое, компьютерное «тело»?

## Игра по правилам

Электронное «Я» может оказаться в двух принципиально разных ситуациях: либо оно общается с другими подобными «Я», заключенными в тот же компьютер, либо нет. В первом случае программа способна оценивать свои отношения с иными электронными личностями и в зависимости от их и своих «поступков» принимать те или иные решения, то есть проявлять свободу воли. Во втором — программа может работать только с теми образами и по тем правилам, которые однажды и навсегда задал неведомый ей программист. Свободе тут негде проявиться.

Это похоже на игру в шахматы. В ней вроде бы нет элементов случайности: число и вид полей и фигур строго определены, правила неизменны. Тем не менее исход конкретной партии непредсказуем (разумеется, у шахматистов одного класса). Но это справедливо только при игре реальных противников, когда мы можем сделать любой ход — проигрышный или выигрышный — и тем проявить свободу воли. Если же мы играем сами с собой, то будем неизбежно завершать все партии вничью (конечно, честно сражаясь и за белых, и за черных). Ведь в таком «шахматном сне» исход партии определяется уже не нами, а правилами игры. В то же время индивидуальность наша полностью сохраняется: характер партии, ее рисунок зависит только от личности игрока.

Отсюда ясно, как можно перенести уже сформировавшуюся искусственную личность из одного ящика в другой, произвести, так сказать, переселение

электронной души. Просто переписать программу здесь совершенно недостаточно. Ведь она содержит лишь правила рефлексии, одинаковые для всех личностей. Нельзя переселять ее и во время активного общения с себе подобными, потому что в этот момент ее «Я» искажено внешними взаимодействиями. Остается единственный способ реинкарнации: эту личность необходимо сначала изолировать от ее окружения, то есть как бы усыпить. Только тогда ее — спящую, но живую — можно поместить в другой компьютер. И наконец — разбудить, позволить ей как бы родиться вновь и вновь познавать окружающий мир.

Значит, во время сна душа существует как бы в чистом виде и поэтому переселение душ возможно путем переселения снов?

## Там, где «пустота»

Итак, хотя информация представляется нам особой, самостоятельной сущностью, хранить и передавать ее без материального носителя действительно невозможно. Наши дневные мысли, да и то ничтожную их часть, мы запечатляем на бумаге, холсте, магнитной ленте, переносим в пространстве с помощью звуковых или электромагнитных волн. А есть ли в природе материя, способная хранить, а значит, и переносить информацию о наших снах?

Вот тут и надо наконец разобраться — что такое материя. Одна лишь объективная реальность, данная нам в ощущениях? То есть ничего, кроме вещества и физических полей (которые только и способны действовать на органы чувств и приборы)? Ну а пространство между частицами вещества, в котором существуют поля, — это, выходит, просто пустота, нематериальное ничто?

Нет, утверждает современная наука: отнюдь не пустота, а физический вакуум — вполне материальная среда, только с весьма необычными свойствами. И главное из них заключается в том, что эта объективная реальность не дана нам в ощущениях. И тем не менее его существование косвенно проявляется во многих физических эффектах — например, при туннелиро-

вании частиц, при рождении электрон-позитронных пар. В чем может проявиться его материальность непосредственно? Остается единственное, что роднит между собой любые материальные объекты, — структура. Ведь и в основе общей теории относительности лежит именно структура пространства, его геометрия. Но любая структура — это уже информация!

А коли так, почему бы не связать сознание с пространством, физическим вакуумом? В этом случае многое прояснится, и материализм с идеализмом предстанут не извечными антагонистами, но двумя равноправными (точнее — взаимно дополнительными) способами описания единой реальности, которая «на самом деле» является одновременно и физической, и нефизической, но всегда материальной.

В одной ипостаси, в форме вещества и поля, материя действительно дана нам в ощущениях, познается чувственно и может изучаться физикой, химией и т. п. В другой ипостаси, в форме пространства и сознания, она не осязается, а только умопостигаема и является предметом либо чистой математики, либо искусства, либо религии.

Эти две ипостаси материи активно взаимодействуют в человеке, составляя два его взаимно дополнительных мира — телесный и духовный. Правда, равноправия между ними, видимо, нет. Ведь если душа без тела все же останется бессмертной душой, то тело без души — живой мертвец, биоробот, зомби. И если в телесном мире временами творятся и добро и зло, то в мире духовном существуют вечные рай и ад.

По ночам нам снится то, что мы заслужили дневными поступками. И пока мы живы и еще можем бодрствовать, в нашей воле поступать так, чтобы видеть поменьше дурных снов. Но пожелаем нераскаявшихся грешников, спящих вечным сном и лишенных свободы воли!



ПАМЯТЬ



# Стрела времени, энтропия и инерция

Патриарх отечественной физики Виталий Лазаревич Гинзбург в своей нобелевской речи («Успехи физических наук». 2004, т. 174, с. 1240) обрисовал основные проблемы, стоящие перед физикой в двадцать первом веке. Три из них он назвал Великими: проблему обоснования квантовой механики, проблему возникновения жизни во Вселенной и проблему стрелы времени. Две первые интенсивно обсуждаются физиками, с третьей ситуация иная — непонятно даже, как к ней подступиться.

Дело в том, что все фундаментальные физические законы, за исключением одного, о котором пойдет речь ниже, грубо говоря, симметричны во времени (на профессиональном языке — они должны быть СРТ-инвариантны). Это означает, что они не меняют своего вида, если направление времени изменить на обратное, то есть заменить  $t$  на  $-t$ . Между тем каждый, основываясь на своем жизненном опыте, считает, что время необратимо.

Единственный известный нам фундаментальный закон, прямо говорящий о необратимости времени, — это второе начало термодинамики. У него много (около десятка) эквивалентных формулировок, которые на первый взгляд сильно различаются между собой. Читатель может попытаться доказать эквивалентность трех из них: 1) теплота не может сама собой переходить от тела более холодного к телу более горячему; 2) сколь угодно близко к состоянию термодинамического равновесия существует состояние, которого нельзя достичь с помощью адиабатического процесса; 3) энтропия замкнутой системы не может убывать. В переводе на житейский язык последняя формулировка означает, что в замкнутой системе беспорядок может со временем только увеличиться. Другими словами, если комнату закрыть на замок и войти туда через некоторое время, например через тысячу лет — по авторитетному мнению Воланда, смехотворно короткий срок, — то на всех вещах мы увидим толстый слой пыли, некоторые из них обратятся в прах, и ни одна из них не станет выглядеть более новой. Именно это дает нам единственную зацепку к определению

направления стрелы времени — время должно идти так, чтобы обеспечить возрастание общего беспорядка.

Второе начало термодинамики было открыто раньше, чем закон сохранения энергии, оно является фундаментальным законом природы, независимым от других физических законов и никак не следующим из них. Более того, оно противоречит основным положениям и классической, и квантовой механики. Первая и самая важная попытка обосновать второе начало с помощью классической механики была предпринята в конце позапрошлого века. Это H-теорема Больцмана, в которой он попытался доказать, что энтропия изолированного газа со временем только увеличивается и принимает максимальное значение при достижении термодинамического равновесия. Однако позже выяснилось, что доказательство Больцмана не верно, так как в нем отбрасываются некоторые возможные решения (Физическая энциклопедия. 1988, т. 1, с. 223).

Еще более драматично обстоит дело с объяснением второго начала на основе квантовой механики. В ней можно доказать (Н.Н.Боголюбов, Н.Н.Боголюбов (мл.)). Введение в квантовую статистическую механику. М., 1984), что энтропия замкнутой системы остается постоянной! В общем, известное утверждение «никто не знает, что такое энтропия, но все знают, что она увеличивается», остается совершенно справедливым.

Где же собака зарыта: почему второе начало находится в таком противоречии и с классической, и с квантовой механикой? Попытаемся подойти к этой проблеме с другой стороны, обратившись к понятию системы отсчета.

Фундаментальным и в классической, и в квантовой механике являются понятие инерциальной системы отсчета и принцип относительности, знакомые всем со школы, — их введение вызвало плодотворный для физики разрыв с аристотелевскими представлениями о движении. Очень поэтично их сформулировал 400 лет назад Галилей: «Закройтесь в кают-компании большого судна, прихватив с собой мух, бабочек и прочих летающих существ.



Возьмите также сосуд, в котором бы плавала рыбка; подвесьте бутылку, из которой вода капля за каплей вытекала бы в подставленный ниже широкий сосуд. Пока судно будет стоять, внимательно присмотритесь к тому, как мелкие твари летают в каюте с одинаковой частотой по всем направлениям, капли из бутылки падают в подставленный снизу сосуд. Внимательно пронаблюдав все эти явления, вы пускаетесь в плавание. До тех пор пока и поскольку движение судна будет прямолинейным и равномерным, вы не обнаружите ни малейших отклонений в наблюдаемых ранее явлениях и не сможете отличить, движется ли судно или стоит на месте. Капли будут, как и прежде, капать в подставленный снизу сосуд, ничуть не отклоняясь к корме, хотя, пока капли находятся в воздухе, судно успевает пройти значительное расстояние. Рыбка в воде будет плавать вперед (по ходу движения судна) так же часто, как и назад, и с одинаковой легкостью подплывать к корму, в каком бы месте у стенок сосуда он не был насыпан. Наконец, мухи и бабочки будут по-прежнему летать по всем направлениям, не отдавая предпочтения ни одному из них, не скапливаясь ближе к корме, как бы от усталости, будучи вынужденными следовать курсу судна...» К сожалению, строгость и точность современной науки не дают возможность следовать стилю Галилея. Сейчас понятия инерциальной системы отсчета и принципа относительности формулируются более сухо: существуют инерциальные системы отсчета, в которых тело движется равномерно и прямолинейно, если не подвергается внешнему воздействию, все



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

они равноправны между собой, и абсолютной системы отсчета не существует, так как законы природы во всех инерциальных системах отсчета абсолютно одинаковы.

Однако возможно ли в принципе существование инерциальной системы отсчета — существование в реальности, а не как мысленной конструкции? Эйнштейн считал, что «вопрос о том, существует ли вообще инерциальная система, еще не решен» (А.Эйнштейн, Л.Инфельд. Эволюция физики, гл. 3). Если она существует, то искать ее нужно где-нибудь в межгалактическом пространстве, в условиях сверхвысокого вакуума при отсутствии вещества. А если нет, то можно ли приблизиться к ней сколь угодно близко, как, например, к абсолютному нулю? И может быть, есть надежда на существование «абсолютной» системы отсчета? А если последняя все-таки существует, то каков характер движения в ней?

После открытия в 1965 году реликтового радиоизлучения было отмечено, что оно дает принципиальную возможность установления абсолютной системы отсчета (Я.Б.Зельдович. «Успехи физических наук», 1966, т. 89, с. 647 (1966)). Напомним, что это электромагнитное излучение возникло в результате Большого взрыва и с высокой степенью однородности равномерно заполняет всю Вселенную. Вследствие расширения Вселенной его температура уменьшается, и сейчас она равна 2,7 градуса Кельвина. Это объясняется тем, что со временем увеличивается расстояние между любыми двумя точками пространства, следовательно, увеличивается расстояние между соседними гребнями световых

волн, что приводит к уменьшению частоты света, а значит, и уменьшению энергии фотонов. В качестве абсолютной системы отсчета можно выбрать ту, в которой реликтовое излучение изотропно, то есть имеет одинаковую температуру по всем направлениям. Современная аппаратура легко и довольно точно фиксирует движение относительно этой системы отсчета. Так, Солнечная система движется в ней со скоростью около 400 километров в секунду в сторону созвездия Льва, при этом видно, что Земля, на которой установлена аппаратура, вращается относительно Солнца со скоростью около 30 километров в секунду. Имея абсолютную систему отсчета, в принципе всегда можно сказать, движется тело или нет, и идея Аристотеля об абсолютности понятий движения и покоя приобретает довольно странное подтверждение.

Дальше — больше. Недавно было отмечено (А.В.Шепелев. «Успехи физических наук». 2005, т. 175, с. 105), что учет реликтового излучения подтверждает, как это ни курьезно, и другие представления Аристотеля о движении. Во-первых, при движении тела относительно изотропного реликтового излучения, из-за эффекта Доплера световое давление в сторону, обратную направлению скорости, больше, чем в прямом направлении. В результате скорость тела уменьшается, если его движение не поддерживается какими-то силами. Во-вторых, этот же эффект приводит к принципиальной возможности движения тела за счет сил, действующих внутри него. Фактически в этом случае действует известный «эффект яхты» — возможность пе-

ремещения лодки по поверхности озера, если находящийся в ней человек будет переходить с носа на корму быстро, а в противоположном направлении медленно. Итак, существование реликтового излучения приводит к трем утверждениям, близким к представлениям Аристотеля: существует «абсолютная» система отсчета, и в ней возможно движение тела за счет внутренних сил, а если их нет и внешние силы отсутствуют, то движение тела со временем замедляется. Скорее всего, эту ситуацию можно считать курьезом, хотя кто знает...

Вернемся к основной теме этой статьи. Понятно, что все три приведенные выше особенности справедливы не только при движении тела относительно реликтового излучения, но для движения в любом равновесном излучении. Согласно второму началу термодинамики, равновесное излучение возникает со временем в любой системе, если на нее не оказывать внешнего воздействия. Поэтому можно утверждать, что любая система, находящаяся в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой, не является инерциальной и принцип относительности в ней не работает. А возможно ли в принципе существование инерциальной системы отсчета или это недостижимый предел? Для находящейся в равновесии с окружающей средой системы это невозможно, так как температура установившегося в ней равновесного излучения не может быть ниже, чем температура заполняющей Вселенную реликтового излучения.

Таким образом, второе начало термодинамики, важнейший закон сам по себе и единственный, дающий зацепку к решению проблемы стрелы времени, с одной стороны, и, с другой стороны, предположение о возможности существования в реальности инерциальных систем отсчета находятся в противоречии. И непонятно, можно ли его устранить. А если нет, то, вероятно, из этого противоречия вырастет что-то очень важное...

Доктор  
физико-математических наук  
**Н.В.Никонец**

# Платоновы тела и элементарные частицы

Л. И. Верховский

Наш крупнейший специалист по физике высоких энергий академик Л.Б.Окунь писал: «Физиков можно назвать охотниками за симметриями: в некотором смысле они отличаются от остальных людей тем, что отыскивают в природе все более скрытые и все более фундаментальные типы симметрий». Это отчетливо видно в области элементарных частиц, где именно выявление симметрий служит тем орудием, которое позволяет свести все разнообразие наблюдаемых сущностей к немногим лежащим в их основе структурам.

С другой стороны, в математике есть выделенные объекты, обладающие нетривиальной, удивительной симметрией. Прежде всего к ним принадлежат правильные многогранники, возможную роль которых в физике еще предстоит раскрыть.

## Из тьмы веков

На плоскости можно нарисовать равносторонний многоугольник с любым числом сторон, а вот трехмерных аналогов таких фигур, то есть выпуклых тел, любая из граней которых есть один и тот же правильный многоугольник, существует всего пять (рис. 1). Это тетраэдр (у него четыре грани), куб (шесть), октаэдр (восемь), додекаэдр (двенадцать) и икосаэдр (двадцать).

Таими многогранниками интересовались еще пифагорейцы, но их называют «Платоновыми телами», поскольку весь набор из пяти фигур впервые был рассмотрен Теэтетом и другими античными математиками, близкими к Академии Платона. Открытие ими двух самых сложных тел (икосаэдра и додекаэдра) стало очень крупным достижением; к тому же они поняли, что никаких других подобных тел не может быть. Древнегреческие натурфилософы увидели в этих геометрических образах глубокий смысл. Четырем они сопоставили стихии: тетраэдру — огонь, октаэдру — воздух, кубу — землю, икосаэдру — воду. А с пятым телом, то есть додекаэдром, они связали квинтэссенцию (буквально, «пятую сущность») в виде всей Вселенной.

Затем интерес к таким фигурам возник в эпоху Возрождения. О них писали геометры, архитекторы и художники, например Пьеро делла Франческа и Альбрехт Дюрер. Леонардо да Винчи собирал из дерева их каркасные модели и сделанными с них рисунками дополнил книгу своего друга Луки Пачоли «О божественной про-

порции». Много внимания уделяли золотому сечению и числам Фибоначчи, которые проявляют себя в правильном пятиугольнике, а значит, и в додекаэдре.

Следующую яркую страницу в научную историю Платоновых тел вписал Иоганн Кеплер. В его время были известны шесть планет, а также их примерные расстояния от Солнца. В сочинении 1595 года «Космографическая тайна», то есть задолго до открытия трех законов, получивших его имя, Кеплер попытался вывести строение космоса (по Копернику) из единого геометрического принципа.

Орбиту самой близкой к светилу планеты Меркурия он изобразил сферой произвольного радиуса; описав вокруг нее октаэдр, а вокруг него — новую сферу, Кеплер принял ее за орбиту Венеры. Далее он повторял эту процедуру, варьируя тип многогранника. В результате он получил шесть сфер, радиусы которых в первом приближении отображали относительные размеры планетных орбит. Позднее астрономы обнаружили за Сатурном еще три планеты, так что догадка Кеплера о связи числа планет с Платоновыми телами лишилась своего основания. Но сама попытка унификации Солнечной системы заслуживает уважения; как сказал крупнейший математик прошлого века Герман Вейль, «мы и поныне разделяем с Кеплером его убеждение в математической гармонии Вселенной».

Значение правильных многогранников в математике давно признано. Выдающийся немецкий математик и педагог Феликс Клейн (автор книги об икосаэдре) писал в

1910-х годах: «Они проходят через всю историю науки. Пифагорейцы видели в них символы некоего мистического совершенства... Тринадцать книг Евклидовых «Начал» служили лишь введением к их построению... А в наши дни они снова вступают в поле зрения математиков, где удивительнейшим образом связывают различные ее области, указывая путь к дальнейшим исследованиям».

## Блеск симметрии

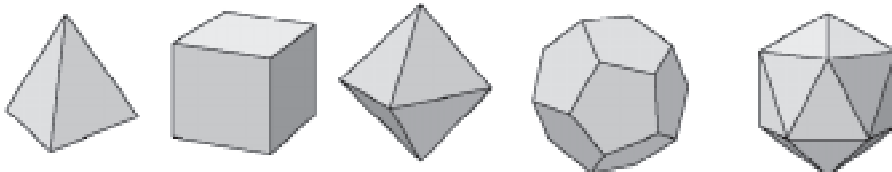
Изучение Платоновых тел строгими методами математики началось в XIX веке, когда были развиты теория групп и другие важнейшие ветви этой науки. Что с ее точки зрения отличает такие многогранники? Конечно же симметрия. Один из основоположников кристаллографии Е.С.Федоров говорил, что кристаллы «блещут своей симметрией». То же можно сказать и об этих телах.

Ясно, что из трехмерных фигур наиболее симметрична сфера: к ее самосовмещениям приводят повороты на любой угол вокруг любой оси, проходящей через ее центр, а также отражения от плоскостей, осей и центра симметрии. С Платоновыми телами тоже можно проделать много разных операций вращения и отражения, при которых они превращаются сами в себя, но, в отличие от сферы, число таких операций будет конечно. Иначе говоря, вращения сферы образуют непрерывную группу, а многогранников — дискретные и конечные группы.

(Напомню, что множество операций есть математическая группа, если оно замкнуто, то есть любые две из них, выполненные последовательно, приводят к результату, которого можно было бы достичь, применив какую-то одну из имеющихся операций. Допустимые вращения наших фигур удовлетворяют этому требованию.)

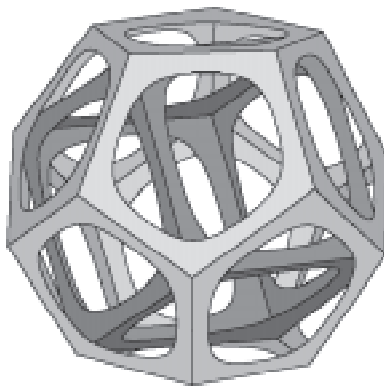
Сейчас нас будут интересовать только повороты — мы хотим установить, как устроены группы вращения правильных многогранников. Заметим еще, что, соединив центры соседних граней любого Платонова тела, мы получим другое, двойственное ему тело из того же списка — тетраэдр перейдет снова в тетраэдр, куб в октаэдр (и обратно), икосаэдр в додекаэдр (и обратно). А поскольку возможные повороты двойственных фигур совпадают, то существуют только три

## 1 Тела Платона





2  
**Куб, вписанный в додекаэдр**  
*(этот рисунок взят из брошюры*  
*И.М.Парамоновой «Симметрия*  
*в математике». М.: МЦНМО, 2002)*



РАЗМЫШЛЕНИЯ

разные группы вращений: 1) тетраэдра; 2) куба — октаэдра; 3) икосаэдра — додекаэдра.

Начнем с тетраэдра, который наиболее прост. Сколько он допускает вращений или каков порядок группы? Это легко сосчитать, учитывая, что всякая ось симметрии  $n$ -го порядка (то есть когда при обороте вокруг нее на  $360$  градусов фигура  $n$  раз совмещается сама с собой) делает возможными  $(n - 1)$  разных поворотов. В тетраэдре есть четыре оси третьего порядка, которые проходят через его вершины и центры лежащих напротив них граней, а также три оси второго порядка, соединяющих середины противоположных (не имеющих общих вершин) ребер. Принято еще прибавлять тождественный поворот. Итого:  $4 \times 2 + 3 \times 1 + 1 = 12$ .

Аналогичным образом, рассмотрев возможные вращения куба и икосаэдра, получим, что порядки их групп соответственно  $24$  и  $60$ .

## Переставляем предметы

Теперь на время забудем про Платоновы тела и займемся всевозможными расположениями предметов, число которых обозначим буквой  $K$ . Операции их перестановок тоже задают группу, которую обозначают  $S_K$ .

Сколько всего будет различных расстановок? На первом месте может находиться любой из  $K$  предметов, на втором — любой из оставшихся, то есть  $(K - 1)$ , на третьем — любой из  $(K - 2)$  и так далее. Перемножая, получим:  $K(K - 1) \dots 3 \times 2 \times 1$ , или  $K!$  (читается: « $K$ -факториал»). Заметим, что  $3! = 6$ ,  $4! = 24$ ,  $5! = 120$ ; столько операций содержит группы  $S_3$ ,  $S_4$  и  $S_5$ .

Кроме групп  $S_K$  всех перестановок  $K$  предметов есть еще важные группы четных перестановок (обозначают  $A_K$ ). Дело в том, что от одного расположения предметов к любому другому можно перейти не одним, так сказать, большим скачком, а несколькими мелкими шагами — последовательно меняя местами каждый раз лишь два элемента (такие замены называют «транспозициями»). Скажем, если у нас два набора из четырех цифр  $2-4-3-1$  и  $1-4-2-3$ , то от одного к другому можно перейти двумя транспозициями:  $2-4-3-1 \rightarrow 3-4-2-1 \rightarrow 1-4-2-3$ .

Тогда множество всех расстановок разбивается на два равных класса: одни получаются из некоторой исходной четным числом транспозиций, другие — нечетным. Так как всего перестановок  $K!$ , то четных и

нечетных будет по  $K!/2$ . Значит, порядок группы  $A_3$  равен  $3$ ,  $A_4 = 12$ ,  $A_5 = 60$ .

Группы всех перестановок  $S_n$  называют симметрическими (откуда обозначение  $S$ ), а группы  $A_n$  — знакопеременными (или альтернативными, откуда символ  $A$ ). Почему такие названия? Это связано с симметрией многоугольников, которую эти группы отражают. Для примера возьмем две функции от трех переменных:

- 1)  $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_1 X_3$ ;
- 2)  $(X_1 - X_2)(X_2 - X_3)(X_1 - X_3)$ .

Придадим всем переменным  $X_i$  какие-нибудь конкретные значения и посмотрим, как ведут себя функции при попарных переименованиях иксов (при транспозициях). Первая из них сохранит свое значение при любых перестановках аргументов, поэтому ее будет описывать группа  $S_3$ . А вторая меняет знак при каждой транспозиции, то есть она знакопеременная, и, чтобы этот многочлен остался неизменным, надо сделать четное число таких замен; значит, тут группа четных перестановок трех элементов  $A_3$ .

## Соответствия групп

Вернемся к нашим баранам, то бишь многогранникам. При любых поворотах некоторые геометрические образы в них — грани, вершины или ребра — меняются местами, и неожиданно оказалось, что группы вращения таких тел в математическом отношении неотличимы от определенных групп перестановок — симметрических или альтернативных.

Начнем опять с тетраэдра. При поворотах вокруг осей третьего порядка одна его вершина остается неподвижной, а три оставшиеся циклически переставляются. А при поворотах вокруг осей второго порядка вершины попарно меняются местами. Все вместе они дают  $12$  четных перестановок четырех этих точек (группа  $A_4$ ).

Теперь рассмотрим куб (и двойственный ему октаэдр). При любом повороте куба его четыре большие диагонали меняются местами, и его группа вращения совпадает с  $S_4$  — группой всех перестановок четырех элементов. Ее порядок  $24$ .

А вращениям икосаэдра (и додекаэдра) отвечает группа четных перестановок  $A_5$  из  $60$  операций. Каковы те пять элементов,

которые меняются местами? В данном случае их увидеть сложнее. Оказывается, это пять октаэдров, вписанных в икосаэдр (или пять кубов — в додекаэдр). На рис. 2 показан вписанный в додекаэдр куб; из него становится понятным, что таких кубов действительно может быть пять — ведь в каждой пятиугольной грани есть пять диагоналей, которые служат им ребрами.

## Неразличимость микрочастиц

Теперь пришла пора перекинуть мостик от мира многогранников к миру элементарных частиц. Когда в 30-х годах шло формирование квантовой химии, в ней стали широко использовать теорию групп; заговорили даже о «групповой чуме». И большое внимание уделяли группам перестановок.

Дело в том, что в квантовой механике систему из многих частиц описывают единой волновой функцией. А вероятность того или иного события определяется квадратом этой волновой функции. Представим себе функцию, которая описывает систему из двух одноименных элементарных частиц, например, двух электронов. В квантовой механике такие частицы неразличимы между собой. Значит, если поменять их местами (осуществить транспозицию — вспомним наши многочлены), то вероятность связанного с ними события, то есть квадрат функции не изменится. А это возможно в двух случаях: если волновая функция сохраняет свой знак при транспозиции, то есть она симметрична, либо изменяет знак (антисимметрична). В зависимости от того, какой вариант реализуется, все частицы делят на два класса — бозоны и фермионы. Бозонам будут соответствовать группы  $S_n$ , а фермионам  $A_n$ . Поэтому такие группы широко используют при изучении микросистем в ядерной и атомной физике, квантовой химии и спектроскопии.

Конечно, теория групп играет ведущую роль и в изучении собственно элементарных частиц, описывая разные симметрии в них. Прежде всего, в соответствии с только что рассмотренным принципом она делит их на фермионы и бозоны. Фермионы служат строительным материалом физического мира, а бозоны переносят взаимодействия.

Известные сейчас  $24$  фундаментальных (на сегодняшний день бесструктурных) фермиона приведены в таблице. Они разбиты на три похожие восьмерки — как бы

## СЛОВАРИК

**Бозоны** — элементарные или составные частицы с целым (или нулевым) спином, которые подчиняются статистике Бозе—Эйнштейна. Благодаря этому в одном и том же квантовом состоянии может оказаться любое число одинаковых частиц. Примеры бозонов: фотон, мезоны, ядра с четным числом нуклонов.

**Фермионы** — элементарные или составные частицы с полуцелым спином, подчиняющиеся статистике Ферми—Дирака (для них верен «принцип запрета» Паули, который гласит, что в каждом квантовом состоянии может находиться не более одной частицы). Примеры фермионов: электрон, мюон, нейтрино, кварки, протон, нейтрон, ядра с нечетным числом нуклонов.

**Лептоны** — фундаментальные (бесструктурные) фермионы, не участвующие в сильных взаимодействиях. В этот класс входят электрон и его аналог (мюон и тау-частица), их античастицы, а также нейтрино.

**Кварки** — фундаментальные фермионы, обладающие цветовым зарядом, между которыми путем обмена глюонами происходят сильные взаимодействия. В свободном виде не наблюдаются. Из кварков состоят, например, протон и нейтрон (по три кварка в каждом), а также многие другие нестабильные частицы.

**Глюоны** — безмассовые, но обладающие цветом частицы, которые переносят сильное взаимодействие между кварками. Обмен глюонами меняет цвет кварка.

**$W^+$ ,  $W^-$  и  $Z^0$ -бозоны** — частицы, которые, наряду с фотоном, осуществляют электрослабые взаимодействия. В отличие от фотонов, имеют массу покоя.  $W^+$  и  $W^-$ -бозоны обладают электрическим зарядом, а  $Z^0$  нет.

**Сильное взаимодействие** — самое сильное из четырех фундаментальных взаимодействий между элементарными частицами. Его радиус действия  $10^{-12}$  см. Оно обеспечивает прочную связь между нуклонами в ядре.

**Слабое взаимодействие** — одно из четырех фундаментальных взаимодействий между элементарными частицами. Оно много слабее сильного и электромагнитного, но сильнее гравитационного. Проявляется на расстояниях  $10^{-16}$  см. Слабое взаимодействие играет важную роль в природе. Оно превращает заряженные лептоны в нейтрино, кварки одного типа в кварки другого, а также обеспечивает превращение протона в нейтрон, позитрон и нейтрино. А эта реакция лежит в основе термоядерного синтеза в звездах.

Поколения	Лептоны	Кварки			
I	Электронное нейтрино	Красный	u	Зеленый	u
	Электрон		d		d
II	Мюонное нейтрино	Синий	c	Синий	c
	Мюон		s		s
III	Тау-нейтрино	Красный	t	Зеленый	t
	Тау-частица		b		b

три поколения частиц, различающихся по массам. В каждое поколение входят два лептона (электрон или его более тяжелый аналог, а также нейтрино одного из трех возможных типов) и два кварка, каждый из которых бывает трех цветов. Может ли таблица в будущем пополниться другими такими поколениями (четвертым, пятым и другими)? — этот вопрос остается открытым.

## На пути к единству

На повестке дня стоит задача объединения различных физических сил, иными словами, нахождения группы, которая охватила бы все частицы и их взаимодействия. Уже унифицированы электрические и слабые силы (теория Вайнберга — Салама), а теперь физики бьются над «Великим объединением», которое должно включить и сильное взаимодействие.

Тут популярна модель Г.Джорджи и Ш.Глэшоу (см. рецензию на книгу Глэшоу «Очарование физики» в «Химии и жизни», 2003, № 12). Они в большой степени формально, механически соединили группы, которые отвечают отдельным известным взаимодействиям (электрослабому и сильному), и наиболее экономным способом включили их в более широкую, так называемую SU(5) группу.

Нам сейчас необязательно выяснять, что это такое. Главное, что она описывает фермионы матрицей размером пять на пять, а тогда число переносящих взаимодействия бозонов равно количеству элементов матрицы минус один. Так модель объясняет общее количество бозонов, а именно 24. Важно, что этот набор бозонов, реализующих все превращения фермионов, уже, как полагают ученые, изменению не подлежит (даже если число фермионных поколений возрастет).

Что это за набор? Во-первых, четыре частицы, переносящие электрослабые силы, — фотон,  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$ . Во-вторых, восемь глюонов, обеспечивающих цветовое взаимодействие кварков. К ним нужно добавить еще две шестерки гипотетических переносчиков, называемых X- и Y-частицами, или лептокварками. Они, согласно модели Джорджи — Глэшоу, при очень высокой энергии могут преобразовывать кварки в лептоны и обратно (с ними связана возможная нестабильность протона).

Подход Джорджи и Глэшоу — лишь один из многих возможных. Главная проблема заключается в отыскании лежащей в основе физической реальности группы. Обычно ее ищут среди различных непрерывных групп вроде SU(5). А может быть,

стоит обратить взор и на конечные группы? И не послужит ли тут зацепкой сам факт разделения частиц на фермионы и бозоны?

В соответствии с поведением волновой функции при транспозициях фермионы могли бы быть реализацией какой-то знакопеременной группы, а бозоны — симметрической. Но, как мы видели, в случае четырех или пяти переставляемых элементов эти группы описывают вращения Платоновых тел, причем число операций в них и количество фундаментальных частиц лежат в одних и тех же границах.

Возможно, именно в правильных многогранниках заключен тот единый геометрический принцип, который позволит раскрыть внутреннюю логику мира частиц, предсказать их состав и свойства.

Возможно, именно в правильных многогранниках заключен тот единый геометрический принцип, который позволит раскрыть внутреннюю логику мира частиц, предсказать их состав и свойства.

## Куб бозонов

Сначала взглянем под этим углом зрения на бозоны. Как сказано, всего их 24, но ведь таков порядок симметрической группы  $S_4$  (она же группа вращения куба). Мы только что захотели сопоставить бозонам одну из таких групп и сразу же правильно получили их общее количество. Но это не все. Для математика понять структуру группы — значит выявить ее подгруппы, определить их тип и отношения между ними. Подгруппы — это такие подмножества группы, которые сами тоже суть группы; у подгруппы могут быть свои подгруппы, у тех свои и так далее. И нужно разобраться во всей этой «матрешке».

Особое значение имеют так называемые нормальные подгруппы, но, чтобы не залезть в дебри абстракций, тут мы ограничимся лишь очень грубой аналогией: если группу сравнить с некоторым числом, то нормальной подгруппе можно сопоставить другое число, служащее делителем первого. Наличие таких подгрупп позволяет разложить исходную группу на более мелкие (как бы разложить число на множители). Давайте выясним, как разложить группу вращения куба на подгруппы.

В ней имеется нормальная подгруппа тетраэдра. Ведь в куб можно вписать два тетраэдра (рис. 3), которые, пересекаясь,



3  
Два вписанных в куб пересекающихся тетраэдра образуют восьмиконечную звезду (stella octangula)

образуют невыпуклый, звездчатый многогранник, названный Кеплером *stella octangula* (восьмиконечная звезда). И каждый из тетраэдров определяет свою нормальную подгруппу.

А у группы тетраэдра, в свою очередь, тоже есть нормальная подгруппа. Она состоит из тождественного поворота и трех вращений на  $180^\circ$  вокруг трех осей второго порядка — линий, соединяющих середины противоположных ребер (мы об этом говорили, когда рассматривали возможные повороты тетраэдра); ее называют квадратичной, или группой Клейна.

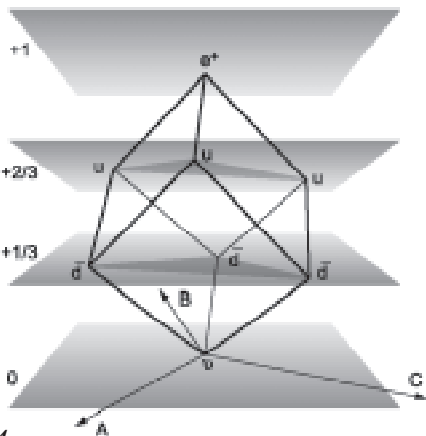
Операциям группы Клейна сопоставимы четыре переносчика электрослабого взаимодействия — фотон,  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$ . Но тетраэдр можно еще вращать вокруг осей третьего порядка, и подобных операций всего восемь — это будут восемь глюонов. Наконец, есть 12 поворотов куба, переставляющих два тетраэдра в *stella octangula*, причем геометрически (по типу осей вращения) такие повороты разбиваются на две шестерки, которые логично связать с шестью X- и шестью Y-частицами.

Тогда получается, что слабые силы отвечают группе Клейна, при которой попарно переставляются четыре элемента; известно, что в слабых взаимодействиях всегда именно так участвуют четыре фермиона. А цветовые силы между кварками соответствуют вращениям тетраэдра вокруг осей третьего порядка, когда циклически переставляются три элемента. Можно фантазировать, что кварки и глюоны потому не наблюдаются в свободном виде, что их порождают подгруппы, не являющиеся нормальными.

Как нетрудно увидеть, разложение группы куба ( $24 = 4 + 8 + 6 + 6$ ) полностью совпадает с наборами бозонов, переносящих разные физические силы в модели SU(5). Но у нас они возникли непосредственно из структуры группы  $S_4$ , то есть из группы вращения куба.

## Фермионы и икосаэдр

Похоже, что приведенные в таблице базовые фермионы имеют отношение к икосаэдру — додекаэдру. Как обнаружили Джор-



4  
Поставленный на вершину куб соответствует поколению фермионов

джи и Глэшоу, в множестве этих частиц проявляют себя симметрии пятого порядка, а это характерный признак именно таких фигур (см. книгу Глэшоу, с. 263).

Мы говорили, что окончательное число фермионов пока не известно. В таблице их 24, но, чтобы получить общее их количество, надо еще учесть античастицы и разные поляризации (два возможных значения спина). Для одного поколения получается  $8 \times 2 \times 2 = 32$ , но нейтрино бывают только левой поляризации, а антинейтрино — правой. Значит, всего 30, а для трех поколений 90.

Однако если поколений на самом деле четыре (что вполне вероятно), то в итоге их будет 120, и это число лучше укладывается в «Платоновом ложе». Таков, как мы помним, порядок группы  $S_5$  (5-факториал), но сейчас мы занимаемся фермионами, и потому нас больше привлекают не симметрические, а знакопеременные группы.

Группа вращения икосаэдра  $A_5$  имеет порядок 60, но его можно удвоить, если к допустимым операциям добавить отражение от одной из плоскостей симметрии этого многогранника — тогда мы перейдем к расширенной группе  $\tilde{A}_5$ . (Хотя она содержит столько же элементов, как и  $S_5$ , но это две совсем разные группы.)

У тетраэдра тоже есть расширенная группа  $\tilde{A}_4$ . И вот какой интересный эффект: у группы  $A_5$  (вращения икосаэдра) есть подгруппа  $A_2$  (вращения тетраэдра), но у расширенной группы  $\tilde{A}_5$  расширенная группа  $\tilde{A}_4$  уже не служит подгруппой. Вместо нее у  $\tilde{A}_5$  есть другая подгруппа (обозначим ее  $^*A_4$ ), состоящая из группы тетраэдра, дополненной операцией отражения относительно его центра. Этой подгруппе соответствует не что иное, как *stella octangula* — ведь два тетраэдра в восьмиконечной звезде связаны как раз такой симметрией.

Попробуем придать вновь введенным операциям физический смысл. Отражению от плоскости мог бы отвечать переход от частицы к античастице, а отражению от центра — к другой поляризации. Допустим еще, что при энергиях Великого объединения действует расширенная группа  $\tilde{A}_5$ , а при более низких — ее подгруппа  $^*A_4$  (как учит теория фазовых переходов, при охлаждении системы она становится менее симметричной).

Тогда с падением температуры равноправие частиц и античастиц должно было нарушиться. Значит, в свойствах конечных групп может лежать разгадка наблюдаемой асимметрии природы — наличия мира, но не антимира.

Было замечено (об этом писал Джорджи), что каждое поколение фермионов хорошо моделируется кубом. В самом деле, расположим куб на горизонтальной плоскости так, чтобы он стоял на вершине (рис. 4). Нарисуем на плоскости три оси A, B, C под углами  $120^\circ$  друг к другу — они будут изображать цветовые заряды; значение электрического заряда откладываем по вертикали.



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

Тогда нижней и верхней вершинам куба отвечают два лептона одного поколения, скажем, нейтрино и позитрон (их электрические заряды 0 и 1, а цветовые заряды отсутствуют). Остальные шесть вершин образуют в двух горизонтальных плоскостях правильные треугольники, отображающие все цветовые состояния u-кварка и d-антикварка. Их электрические заряды, как и должно быть, дробны:  $2/3$  и  $1/3$ .

Но ведь такой куб можно заменить вписанной в него восьмиконечной звездой, концы которой суть те же восемь точек, что и вершины куба. Два образующих ее скрещенных тетраэдра отражают симметрию между двумя четверками частиц в каждом поколении фермионов. Судя по всему, ему соответствует *stella octangula* — подгруппа расширенной группы икосаэдра.

## Вперед, к Платону

Конечно, все вышеизложенное — не столько решение, сколько постановка проблемы. Фермионы и бозоны не независимы, поэтому оба класса частиц должны быть увязаны между собой. Кроме того, нужно согласовать эти соображения с современной теорией поля. И все же трудно отделаться от впечатления, что правильные многогранники действительно способны пролить новый свет на структуру материи.

Среди Платоновых тел наиболее интересен икосаэдр, и с ним сталкиваются, порой совершенно неожиданно, в самых разных разделах математики. Этот факт должен послужить эвристикой при работе над единой теорией элементарных частиц — ведь в природе наверняка воплощена самая изощренная абстрактная структура. Ее нахождение — протетеева задача наших дней.

Как писал Вернер Гейзенберг, «развитие физики выглядит так, словно в конце концов будут найдены очень простые законы природы — такие, какими их надеялся увидеть еще Платон». Не исключено, что эти законы окажутся связанными с правильными многогранниками. Даже когда знания о физической реальности были еще очень скудны, находились мыслители (Платон, Кеплер), видевшие в этих фигурах ключ к ее пониманию. Наверное, они составляют тот арьергард, который всегда впереди.



# Иммунология любви



Основы эволюционной теории как науки о причинах, движущих силах, механизмах и общих закономерностях эволюции живых организмов были заложены Чарльзом Дарвином. В 1859 году в книге «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» он указал, что движущими силами эволюции являются наследственность, изменчивость и естественный отбор. Дарвин также поставил в центр эволюционной теории виды и внутривидовые группировки, а не отдельных особей.

В середине XIX века генетики еще не существовало, поэтому Дарвин не мог знать о механизмах наследственности и законах изменчивости. Он полагал, что изменчивость носит более или менее случайный характер. Потомство немного отличается от родителей, и среди потомков естественным путем отбираются наиболее приспособленные или жизнеспособные в данных условиях.

В первой половине XX века идеи Дарвина о естественном отборе и борьбе за существование были объединены с достижениями генетики, раскрывшей механизмы наследственности, изменчивости и мутационного процесса. Так была создана синтетическая теория эволюции (СТЭ), важным компонентом которой стала и популяционная генетика.

Ключевой элемент эволюционного процесса — видообразование. Но как оно происходит, в чем причины появления новых видов — удовлетворительного ответа на этот вопрос не дано до сих пор. Недавно двое российских ученых — эволюционист, доктор биологических наук, сотрудник Палеонтологического института РАН Александр Марков и генетик, кандидат биологических наук, заместитель заведующего лабораторией генетики Института биологии развития РАН Алексей Куликов — выдвинули оригинальную гипотезу по поводу механизма видообразования. Согласно этой гипотезе, важную роль в дивергенции (разделении) видов играет иммунологическое тестирование брачных партнеров. Наш корреспондент Игорь Горюнов встретился с исследователями и попросил рассказать о сути выдвинутой ими гипотезы — о той роли, которую иммунная и другие системы распознавания «своего» и «чужого» могут играть в формировании сначала обособленной группы особей, избегающих скрещиваний с «чужаками», а затем и нового вида.

**Выдвинутая вами гипотеза позволяет описывать один из механизмов видообразования как сложный многокомпонентный процесс: начиная от простейших адаптаций различных групп особей в рамках одного вида и заканчивая моментом, когда между двумя вновь возникшими видами практически прекращается обмен генетическим материалом. Важнейшую роль в этом механизме, по вашему мнению, играет иммунная система, позволяющая отличать «своих» от «чужих» и тем самым приводить дивергенцию в рамках одного вида. Как вы пришли к таким оригинальным выводам?**

**Алексей Куликов.** Гипотезу, основная идея которой принадлежит Александру Маркову, рано или поздно предложил бы кто-то из представителей научного мира. Дело в том, что в рамках эволюционной теории механизм накопления наследственных изменений (мутаций), которые, превышая некую критическую

массу, приводят к образованию нового вида, до сих пор не ясен. Строго говоря, любое полезное изменение, состоящее в появлении «удачной» комбинации определенных вариантов (аллелей) нескольких разных генов, в результате скрещивания с другими особями, у которых данного изменения нет, должно размыться, исчезнуть.

Чтобы этого не произошло и образовался новый вид, должна возникнуть репродуктивная изоляция. Изменившиеся формы по каким-то причинам должны перестать скрещиваться с исходными. Наша гипотеза как раз и направлена на то, чтобы выявить причины, из-за которых в рамках одного вида возникают эндогамные группы особей. (Эндогамной называют группу, представители которой предпочитают скрещиваться между собой, а не с чужаками.)

**Александр Марков.** Биологов давно занимает вопрос возникновения изоляции в рамках одного вида. Так, классик СТЭ Эрнст Майр еще в своих

работах 1960—1970-х годов обосновывал положение, что для разделения вида необходим физический изолирующий барьер: морской пролив, горный хребет и т.п. В этом случае разобщенные популяции в ходе накопления случайных или неслучайных отклонений (генетических отличий) постепенно изменяются настолько, что потеряют репродуктивную совместимость.

**А.К.** Другой классик СТЭ Джордж Симпсон также отводит географической изоляции основную роль в образовании новых видов (его книга так и называется: «Великолепная изоляция»). Он не мог вообразить другую причину, способную помешать особям, принадлежащим к одному виду, скрещиваться и обмениваться генетическим материалом.

**А.М.** В результате этих и других исследований в биологическом сообществе закрепилось представление о том, что основной механизм видообразования — аллопатрическое (при помощи барьера). Другой вариант — симпатрическое видообразование, когда виды формируются в одном месте, без возникновения географического барьера — не имел достаточно убедительного теоретического обоснования.

**Но мысль, что симпатрическое видообразование возможно, высказывалась?**

**А.К.** Высказывалась, но большинство ученых ее отвергло. Считалось, что это маловероятно: неясно было, как оно может происходить. Некоторые наблюдения в природе и экспериментальные данные говорили в пользу именно симпатрического видообразо-



Они живут рядом — и все-таки не вместе... Представители шести из пятнадцати морфотипов (возможно, это уже отдельные виды!) рыб, которые развились из одного предкового вида в эфиопском озере Тана: а — big eye; б — intermedius; в — troutlike; г — megastoma; д — white hunch; е — short head. (Английские названия морфотипов приняты и в русской литературе.)



## ГИПОТЕЗЫ

го вида помещали в разные экстремальные (с высокой смертностью) условия и получали ряд поколений. Например, одну группу мух дрозофил выращивали на среде, содержащей крахмал, другую — на среде с мальтозой. Обе эти среды для дрозофил — крайне неблагоприятные. После того как происходила адаптация, ставили опыты по их скрещиванию. Оказывалось, что мухи, которые приспособились к крахмалу, предпочитают своих, а к мальтозе — своих.

### Эти эксперименты были проведены у нас в стране или за рубежом?

**А.К.** Впервые подобные опыты, вызвавшие большой интерес в научном мире, в 1960-е годы поставил наш соотечественник, энтомолог Г.Х. Шапошников. Он взял тлей, обитающих на растении *Anthriscus nemorosa*, и пересадил на другое, малопривлекательное для их жизни растение. Через несколько поколений произошла адаптация, и тогда Шапошников пересадил их на следующее растение, которое вообще не годится для жизни представителей исходной популяции. Снова произошла адаптация. Когда адаптированная к непригодному для жизни растению популяция была смешана с исходной, оказалось, что они не хотят скрещиваться между собой, то есть возникла изоляция.

Важно, что в этих экспериментах репродуктивная изоляция появляется не в результате случайного накопления генетических различий или прямого действия отбора, выбраковывающего нежизнеспособные гибриды. Такого отбора в экспериментах вообще не было. Изменение брачных предпочтений произошло словно бы само собой, как неизбежное и детерминированное следствие адаптации к экстремальным условиям.

Позднее американские исследователи, в частности Диана Додд, провели опыты на дрозофилах, фактически повторявшие опыты Шапошникова. Результат был практически тот же, однако вскрылись некоторые новые существенные моменты, свидетельствующие о том, что изменение половых предпочтений детерминировано. Адаптированные к неблагоприятным условиям насекомые начинают предпочи-

вания. Однако усилия исследователей в каждом случае были направлены на то, чтобы найти физический изолирующий барьер, который сначала разделит вид надвое, а потом исчез (например, река высохла или изменила русло), — и уже после этого разделившись, утратившие способность к скрещиванию друг с другом виды могли снова встретиться и проживать на одной территории.

Тем не менее со временем накапливалось все больше фактов, подтверждающих возможность симпатрического видообразования. Причем анализ полученных данных показывал, что в природе оно происходит не реже аллопатрического, а может быть, даже и чаще.

**А.М.** Действительно, на Земле существует такое огромное количество видов животных и растений, что придумать для появления каждого нового вида какой-либо географический барьер чрезвычайно трудно.

Вот яркий пример. В Эфиопии есть небольшое озеро Тана, в котором за короткое по палеонтологическим меркам время — порядка 30 000 лет — на основе единственного предкового вида возникло 14 морфотипов рыб, по-видимому, изолированных (см. рисунок). Здесь мог действовать только симпатрический механизм. Все рыбы живут в одном водоеме, и если искусственно оплодотворить икру одного морфотипа молокой другого, то оплодотворение происходит. То есть между ними несовместимости нет — но в озере гибридов сравнительно мало. Значит, рыбы каким-то образом умеют находить представителей своего морфотипа и спариваться именно с ними.

В 1970–1980-е годы для объяснения подобных фактов был предложен ряд моделей, в основе которых лежал дизруптивный (направленный на расхождение) отбор. Допустим, что последовательно, из поколения в поколение, внутри одного вида отбираются формы с крайними вариантами признаков (например, с самой светлой и самой темной окраской), а промежуточные формы элиминируются. Если представители расходящихся форм скрещиваются, то они дают гибридное потомство с промежуточным состоянием признаков, маложизнеспособное в данных условиях среды. Поэтому естественный отбор будет благоприятствовать таким формам, которые умеют выбирать в качестве брачных партнеров подобных себе. И постепенно из случайной изменчивости отберутся такие предпочтения и сформируется поведенческая изоляция.

Но для того чтобы брачные предпочтения сменились под действием отбора, необходимо очень много времени. В этом слабость классических моделей симпатрического видообразования, поскольку факты говорят о том, что поведенческая изоляция может возникнуть чрезвычайно быстро: иногда всего за десяток поколений.

**А.К.** О возможности быстрого симпатрического видообразования говорят и некоторые экспериментальные данные. Опыты по искусственному видообразованию проводили, в частности, на насекомых. При этом в условиях эксперимента удавалось получать (пусть и частичную) репродуктивную поведенческую изоляцию за 10–20 поколений.

Суть проводимых опытов сводилась к следующему: представителей одно-

*На протяжении веков люди считали,  
что любовь — это болезнь.*

*Новая гипотеза вносит поправку: любовь — это иммунная  
реакция.*

тать партнеров, предки которых приспособлялись к таким же условиям.

**На основе данных, говорящих о возможности быстрого симпатрического видообразования, вы и выдвинули свою гипотезу?**

**А.К.** В целом да, и произошло это совершенно замечательным образом. Как-то Александр Марков зашел к нам в лабораторию и сказал: есть иммунная система, которая ответственна за распознавание чужеродных веществ (антигенов) внутри организма. А почему бы этой системе или ее элементам не участвовать в различении «своих» и «чужих» между организмами? Идея была настолько сумасшедшей, что стало интересно с ней поработать.

**Почему идея сумасшедшая?**

**А.К.** Потому что иммунная система традиционно рассматривается исключительно как механизм борьбы с инфекциями и вышедшими из-под контроля клетками собственного организма. А к внешним системам коммуникаций или распознавания — обонянию, осязанию, зрению, слуху — она никакого отношения не имеет. Между тем было бы странно, если бы природа ограничила такое высокоэффективное средство распознавания «своих» и «чужих», как иммунная система, только внутренним тестированием организма.

Мы попытались найти возможные распознавательные (коммуникативные) функции в деятельности иммунной системы, и нам это удалось. Мы проанализировали данные об устройстве и функциях части обонятельной системы — так называемого вомероназального органа, который известен уже более 100 лет, но его функции долгое время оставались неясными. Только в 1990-е годы выяснили, что вомероназальная система связана с гипоталамусом. А в 2000 году были обнаружены белки — рецепторы вомероназальной системы, и гены этих белков были найдены в отсеквенированных геномах человека, мыши и других позвоночных.

**А.М.** Эти белки реагируют на феромоны (биологически активные вещества, выделяемые животными в окружающую среду, — некоторые из них служат для привлечения брачных партнеров) и персональные запахи. Это зна-

чит, что они входят в систему индивидуальной идентификации. Как известно, каждая особь, по крайней мере у позвоночных, имеет свой собственный, индивидуальный запах, и по запаху животные отличают друг друга. Кстати, и человека по его «обонятельному портрету» можно идентифицировать не хуже, чем по отпечаткам пальцев.

**Указанные вами работы по вомероназальному органу появились после того, как вы выдвинули гипотезу?**

**А.К.** Практически в то же время, на рубеже 2003–2004 годов. Мы заинтересовались этими механизмами, так как в это время интенсивно искали молекулярные основы системы коммуникаций животных. И нам очень помогло появление работ по вомероназальной системе, в которых описывалось, как функционируют ее рецепторы. Оказалось, что они работают совместно с белками главного комплекса гистосовместимости (МНС) — основной и неотъемлемой частью иммунной системы.

Поэтому мы пришли к выводу, что существуют единые обонятельные механизмы, в которых присутствуют элементы иммунной системы, и что эти механизмы работают и на уровне целого организма.

**А.М.** В чем суть нашей гипотезы? Эксперименты по искусственному видообразованию, исследования рыб озера Тана и другие подобные факты говорят о том, что, когда в результате интенсивного отбора очень быстро накапливаются биохимические или генетические отличия между двумя группами особей, их организмы начинают понимать: «мы» — это «мы», а «они» — это «они». Причем, чтобы научить их этому, не нужно никакого специального отбора. Способность различать «чужих» и «своих» заложена в них изначально. Иначе говоря, должна существовать автоматическая система определения биохимической или генетической степени близости, родства. И тут естественно вспомнить про иммунную систему — хорошо известный механизм распознавания «своих» и «чужих». Что, если он используется не только для борьбы с инфекциями, как принято считать?

Действительно, оказалось, что иммунная система участвует и в воспри-

ятии запахов других особей, и в формировании персонального запаха. Так, у мышей в вомероназальном органе обнаружены специальные рецепторы, реагирующие на особые компоненты иммунной системы, — короткие фрагменты белковых молекул (пептиды) из 9 аминокислот, которые другие особи выделяют в окружающую среду с потом, мочой и т. д. Именно эти компоненты формируют уникальный индивидуальный запах той или иной особи. При этом рецептор образует единый комплекс с белком, относящимся к комплексу гистосовместимости.

**Возвратимся к зарождению гипотезы. Алексей, приходит к вам Александр с некой абсурдной идеей, которую отвергает биологическое сообщество... Почему вы приняли эту идею, которую никто из других биологов не принимал?**

**А.К.** Ее не отвергали, она просто ни у кого не возникала. Когда мы ее высказали, все сразу стали говорить: слушайте, а ведь это возможно. Характерно в этом отношении мнение сотрудника Института биологии развития Михаила Мина, который занимается барбусами озера Тана и другими случаями видообразования у рыб. Когда он ознакомился с нашими идеями, то сказал: «Я всю жизнь пытался ответить на вопрос, как они могли разделиться в таком маленьком озере, и пришел к следующему выводу. Должен существовать механизм «сибсофилии» (сибсы — родные братья и сестры), благодаря которому некоторые из рассматриваемых рыб начинают предпочитать в качестве брачных партнеров близких родственников. Только этим скрещиванием братьев с сестрами можно объяснить быстрое разделение единого ранее вида. Ваша гипотеза такой механизм скрещивания предполагает».

Как действуют рецепторы в комплексе с белками МНС, в точности пока неизвестно. Можно лишь предполагать, что белки МНС как-то модулируют функцию рецепторов, возможно, помогают связывать соответствующие пептидные лиганды, влияют на специфичность рецепторов. Трудно также сказать, как оценивается привлекательность запаха: на уровне ли рецепторов либо на более высоких уровнях. Главное, что организм имеет возможность определить по запаху степень генетического родства потенциального партнера. Мы предполагаем, что обычно животные воспринимают как наиболее привлекательный запах особей, не слишком близких и не слишком далеких. Но этот оптимум может смещаться под действием отбора. Например, если выгодным становится инбридинг, преимущество получат те особи, которым кажется более привлекательным запах близких родственников.

В настоящее время нам осталось только экспериментально доказать нашу гипотезу, и мы уже начали необходимые генетические и молекулярные эксперименты. Кстати сказать, 9 февраля 2006 года в журнале «Nature» вышли сразу две статьи, в которых описываются практически бесспорные случаи симпатрического видообразования (у рыб в маленьком вулканическом озере в Никарагуа и у палм на небольшом острове в Тихом океане). Эти публикации имеют большое значение, поскольку они, во-первых, привлекают внимание эволюционистов к проблеме симпатрического видообразования, а во-вторых, окончательно переводят это явление из разряда сомнительных в разряд реальных.

#### **Работа идет в рамках какого-то междисциплинарного проекта?**

**А.М.** Пока только на голом энтузиазме. Конечно, и на энтузиазме можно многое сделать, но для запланированного эксперимента по выявлению брачных предпочтений у рыб нам нужно купить 15 пептидов. Пока из-за дороговизны мы их приобрести не можем.

**А.К.** Тем не менее за счет финансирования других проектов, по договоренности с рядом научных коллективов (ихтиологов, антропологов и др.) и коммерческими структурами некоторые необходимые нам анализы уже сделаны. Работа идет, но пока медленно.

#### **В принципе в рамках этой работы можно получить результат, которым могла бы гордиться российская наука?**

**А.К.** В рамках этого проекта можно получить значимый не только для российской, но и для международной науки результат. Причем важный с социальной точки зрения.

#### **Что это значит?**

**А.М.** Не секрет, что в современном мире достаточно распространена ксенофобия, неприязнь к лицам другой национальности и просто к чужакам. Наши исследования полезны в том отношении, что указывают на возможные биологические основания подобной реакции. Общаясь с незнакомым человеком, иногда вы подсознательно чувствуете к нему благосклонность или неприязнь. Это может быть результатом работы вашей системы распознавания «своих» и «чужих».

**А.К.** Подобные подсознательные реакции (сигналы от вомероназального органа не поступают в кору больших полушарий и поэтому не осознаются нами, но они идут в гипоталамус и влияют на наш гормональный и эмоциональный статус) могут сильно осложнить существование различных замкнутых коллективов, таких, как экипажи космических кораблей или поляр-

ных станций. Некоторые люди испытывают рационально необъяснимую неприязнь друг к другу. При этом психологические тесты (которые сегодня в основном используют для предотвращения подобных неприятностей) могут показывать их идеальную совместимость.

Возможно, в будущем, чтобы избежать напряженных отношений в группе, участников дальних экспедиций станут подбирать по комплексу гистосовместимости либо начнут использовать спреи, корректирующие «нежелательные» запахи.

#### **Чтобы избежать напряженных отношений между мужчинами и женщинами?**

**А.К.** Система распознавания «своих» и «чужих» ориентирована не только на поиск подходящих брачных партнеров. Она используется и в других областях. Например, установлено, что женщины предпочитают запахи неродственных им мужчин — именно они будут оптимальными брачными партнерами для данной женщины с точки зрения генетической совместимости. Однако беременная женщина начинает предпочитать запах близких родственников. И это вполне объяснимо — будущей матери уже надо выбирать не брачного партнера (он предпочтительно должен быть не родственником), а близких людей, способных оказать необходимую (в том числе и материальную) помощь.

Беременные мыши поступают точно так же. Эти грызуны выращивают детенышей в коммунальных гнездах и для этого предпочитают объединяться с родственниками. Такая стратегия поведения поддерживается отбором, поскольку животные, помогающие своим родственникам выращивать потомство, тем самым способствуют распространению в популяции своих собственных генов. А чтобы найти родственников, мыши используют систему определения персональных запахов.

#### **Выходит, можно делать искусственные индивидуальные запахи персональной направленности, например любовное приворотное зелье?**

**А.М.** По-видимому, да. Можно подобрать индивидуальный набор пептидов, который будет повышать вашу сексуальную привлекательность именно для данного, выбранного вами объекта. Кстати, в народных приворотках всегда активно использовались фрагменты «биоматериала».

**А.К.** Системы распознавания «своих» и «чужих» активно задействована во всем живом мире. И какими бы ни были конкретные механизмы такого тестирования, оно направлено на воспроизводство многочисленного, жизнеспособного и во всех отношениях



## ГИПОТЕЗЫ

преуспевающего (максимально приспособленного к жизни) потомства. Бактерии пользуются своими пептидами для того, чтобы распознавать друг друга и находить именно тех партнеров, с кем предпочтительнее обмениваться генетическим материалом. Насекомые, по всей видимости, тоже типируют друг друга по степени генетической «близости — удаленности». Но их популяционная и социальная структуры сравнительно примитивны. У более высокоорганизованных животных, например у мышей, уже есть социальная иерархия и сложная популяционная структура. Тот же самый эволюционный механизм предпочтения «своих» «чужим» играет важную роль в человеческом социуме, в построении этнических и общественных структур.

#### **Вы не боитесь, что вас обвинят в сведении социального к биологическому?**

**А.К.** Я думал над этим вопросом. Социологи утверждают, что социальное не сводится к биологическому. Конечно, социальные механизмы можно рассматривать как продукт культуры, не имеющий под собой никакой биологической основы. Для меня же как биолога очевидно, что каждый индивид обладает некими генетически детерминированными потенциями. И если мы при рассмотрении социальных структур, в рамках которых осуществляется взаимодействие между людьми, будем учитывать эту информацию, то получим более реальное представление о природе социальных явлений. Это отнюдь не означает, что в социуме все детерминировано генетически. Интеллект сам по себе — мощнейший инструмент регуляции взаимоотношений между людьми. Однако учет человеческих реакций, обусловленных уровнем подсознания, будет не только не вреден, но полезен.



# Мудрец из Беркли открыл лекарство от старости?

Кандидат биологических наук  
**В.А.Чистяков**

*Во все времена находились люди, пытавшиеся бороться с недугом, который угрожает каждому из нас, — со старостью. В этой статье я хочу рассказать об открытии, ставшем итогом огромного прогресса в понимании причин и механизмов старения, достигнутого в последние десятилетия XX века. Это открытие сделал интернациональный коллектив ученых под руководством известного американского биохимика Брюса Эймса.*

*Согласно современным представлениям существует два ключевых механизма старения. Один из них связан с инактивацией генов, которую вызывает прогрессирующее с возрастом укорочение концевых (теломерных) участков хромосом. Этот механизм еще в 70-е годы был предсказан нашим соотечественником Александром Оловниковым. Позже, в конце XX века, его существование было подтверждено. Другой механизм — накопление свободнорадикальных повреждений клеточных структур, в первую очередь митохондрий. Его существование также не вызывает сомнений. Главный практический вопрос здесь, каков вклад каждого из этих механизмов в развитие связанных со старением патологий?*

*Авторы открытия исходили из того, что главная причина старения — это окислительная деструкция митохондрий. Теперь, когда Эймс и его коллеги получили то, что можно назвать первым эффективным лекарством от старости, аргументы сторонников ключевой роли «свободнорадикального» механизма имеют очень веское подтверждение.*

## Что такое ALCAR и LA

Мало узнать причину проблемы, нужно найти подходящий метод для ее устранения. Гильотина, как известно, хорошо устраняет головную боль, но это лекарство имеет нежелательные побочные эффекты. На сегодня химикам известно множество антиоксидантов — веществ, способных устранять свободные радикалы кислорода *in vitro* (в пробирке). Однако эти вещества зачастую не действуют или становятся ядовитыми *in vivo* — в живом организме.

Эймс и его ученики с самого начала отказались от применения искусственных антиоксидантов. При поиске компонентов лекарства от старости они опирались на давно известный факт — замедление старения при ограничении калорийности питания (см. статью «Рецепты долголетия» в «Химии и жизни», 1999, № 8). Во время полной голодовки многие биохимические показатели возвращаются в «молодое» состояние. Если бы люди могли голодать по шесть месяцев в году, они оставались бы молодыми гораздо дольше. Однако голодовка — состояние экстремальное, и при злоупотреблении этим средством можно умереть от истощения и авитаминоза. Тем не менее если при голодании старение отступает (а как показали исследования, при этом снижается и уровень свободнорадикальных реакций), то это может происходить только за счет веществ, которые есть в самой клетке. Поэтому антиоксиданты решили искать среди тех соединений, что

участвуют в реакциях, протекающих в митохондриях — энергетических станциях клетки, которые больше всего подвержены окислительному стрессу.

Одно из главных проявлений возрастной деградации митохондрий — ухудшение их способности вырабатывать АТФ, внутриклеточное горючее, без которого останавливается все и вся. Поэтому в качестве первого компонента было выбрано вещество, хорошо стимулирующее выработку АТФ и у молодых, и у старых животных. Оно называется ацетил-L-карнитин, сокращенно ALCAR. Предшественники Эймса показали, что ALCAR «исправляет» у старых животных обмен жирных кислот. Эти кислоты — необходимый компонент липидов, из которых построены мембраны клеток, следовательно, они необходимы для клеточного деления и обновления тканей. Кроме того, ALCAR восстанавливает уровень важных для нормального обмена веществ — карнитина и кардиолипина, благотворно влияет на работу мозга у людей, страдающих болезнью Альцгеймера, и т. д. Однако при всем этом множестве плюсов у ацетил-L-карнитина есть один важный минус: введение его животным сопровождается повышением уровня перекисных процессов. Причина, очевидно, в том, что ALCAR запускает работу клеточных энергетических систем в форсированном режиме.

Для того чтобы предотвратить разрушительные последствия этого «аврала», был найден второй компонент — липоевая кислота (по английски *lipoic acid*,

сокращенно LA). Это вещество — также естественный метаболит митохондрий. Липоевая кислота служит коферментом (помощником) одного из важных митохондриальных ферментов, дегидрогеназы альфа-кетонных кислот. Не вдаваясь в подробности, скажем, что он входит в число ключевых ферментов, обеспечивающих усвоение углеводов и жиров. В клетке липоевая кислота переходит в восстановленную форму, которая не только работает как сильный естественный антиоксидант, но и повышает внутриклеточное содержание других антиоксидантов. Иначе говоря, липоевая кислота проявляет свои антиоксидантные свойства, только попав внутрь клетки, не растрачивая их по дороге. Благодаря этому, как было известно ранее, она может в определенной степени компенсировать негативные проявления старения, однако ее активность сама по себе невелика.

Эймс и коллеги показали, что ALCAR и LA вместе могут действовать синергически, то есть их общий положительный эффект может быть значительно выше, чем сумма эффектов по отдельности.

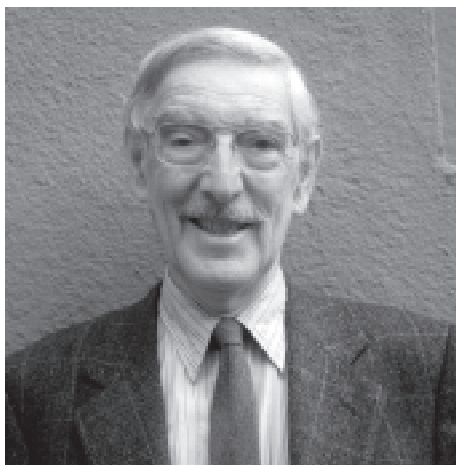
## Возвращение сил

Объектом исследования стали белые лабораторные крысы линии Fisher 344. («Линейные» крысы отличаются от тех, которые продаются в зоомагазинах, большей генетической однородностью.) Продолжительность жизни этих славных зверьков примерно 30 месяцев. В опытах использовали молодых (возрастом 3–5 месяцев) и старых (20–28-месячных) самцов.

После необходимого периода адаптации молодых и старых крыс разделили на контрольную и три опытные группы. Контроль в течение месяца питался стандартным крысиным кормом, состав которого во всех серьезных лабораториях унифицирован, и вдоволь пил обычную воду. Крысам из опытных групп в воду добавляли ALCAR (в концентрации 1,5%, или 15 г на литр), липоевую кислоту (в концентрации 0,5% — 5 г на литр) или их смесь.

Затем изучали целый ряд параметров, в первую очередь характеристики поведения старых и молодых животных. Крыс рассаживали по отдельным клеткам и снимали на видеокамеру, подключенную





*Брюс Эймс (р. 1928), с 1967 года живет и работает в Беркли (Калифорния). Автор нескольких фундаментальных открытий в биохимии окислительного стресса. Разработчик знаменитого теста Эймса (1973), который до сих пор считается самым надежным методом выявления потенциальных канцерогенов. Входит в двадцатку наиболее цитируемых ученых планеты*



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

к специальной компьютерной системе, которая рассчитывала, какое расстояние преодолевает животное в результате всех своих перемещений за время опыта, сколько времени оно движется, сколько отдыхает. Съемки повторяли несколько раз до приема изучаемых веществ и после. В этом опыте каждая крыса служила своим собственным контролем.

В контроле молодые крысы двигались значительно больше, а отдыхали меньше, чем старые, поэтому пройденная ими дистанция была почти на 70% длиннее. Прием смеси ацетил-L-карнитина и липоевой кислоты (далее я буду иногда называть ее смесью Эймса) улучшил показатели всех животных. Но если подвижность молодых возросла на 31%, то старые прибавили 112%!

За счет чего произошли такие изменения? Об этом рассказали результаты биохимических тестов. Как известно, для любых передвижений живым существам нужна энергия АТФ, которая вырабатывается митохондриями. Митохондриальный генератор АТФ — это электрохимическая машина: сжигание пищи создает градиент концентрации протонов (электрический потенциал) между сторонами митохондриальной мембраны. Совсем правильный термин — мембранный митохондриальный потенциал ( $\Delta\Psi$ ). Между поверхностями мембраны возникает поток протонов, энергия которого дает возможность специальному ферменту синтезировать молекулы АТФ. Чем больше разность потенциалов, тем больше молекул АТФ вырабатывает митохондрия в единицу времени. (О митохондриальном преобразовании энергии и его первооткрывателе Питере Митчелле «Химия и жизнь» писала не раз: см., например, статью В.П.Скулачева «Отшельник из Глинн-Хауза», 1992, № 11.)

У старых животных величина  $\Delta\Psi$  в два с лишним раза меньше, чем у молодых, поэтому им, бедным, так тяжело двигаться. Добавка Эймсовы смеси в корм улучшает энергетику животных —  $\Delta\Psi$  при этом лишь немного не дотягивает до молодого уровня. Поэтому они и бегают почти как молодые.

Одно из главных биохимических проявлений старения — усиление перекисных процессов. Их интенсивность измеряют по разным параметрам. Один из самых популярных — это содержание продукта окислительной дегградации липидов, малонового диальдегида, или сокращенно МДА. В свое время Эймс и его ученики провели специальную серию исследований, в которых был разработан самый точный на сегодня метод анализа этого вещества. Разработанную методику они применили и в данном случае.

Как оказалось, смесь ацетил-L-карнитина и липоевой кислоты понижает уровень МДА, а значит, и интенсивность перекисных процессов вообще у старых животных. Наблюдается почти двукратное уменьшение, однако полного возврата к «молодому» уровню достичь не удалось. Возможно, одной из причин было короткое время исследования. Ведь старческие изменения накапливались в течение полутора лет, а лекарство от старости крысы получали всего месяц.

Активация перекисных процессов в пожилом возрасте усугубляется истощением антиоксидантов. Самый важный и показательный в этом плане антиоксидант — хорошо известная всем аскорбиновая кислота, или витамин С. Поэтому параллельно с характеристиками мощности клеточной энергетики ученые выяснили, что употребление смеси Эймса не только не снижает содержание этого витамина у старых животных, но и возвращает его содержание к уровню, характерному для молодых.

Подведя предварительные итоги, можно сказать, что предложенная Эймсом смесь позволила в значительной степени вернуть старым крысам присущую молодости скорость движений, а произошло это за счет исправления накопившихся дефектов их энергетического обмена веществ.

### Здравый ум и твердая память

Конечно, скованность движений — неприятная черта пожилого возраста, но гораздо страшнее бывает возрастная потеря памяти,сообразительности и т.д. — то, что специалисты называют ослаблением когнитивных функций, а обычные люди — «выживанием из ума». Но как

узнать, выжила крыса из ума или нет? И если да, то насколько? Ее ведь не спросишь: когда день рождения любимого внучатого племянника, или какой город южнее, Москва или Дели.

Тем не менее методы, позволяющие оценить пространственную (spatial) и временную (temporal) память животных, существуют, и «Химия и жизнь» не раз о них писала. Эймс и его коллеги использовали классическую методику оценки пространственной памяти, основанную на том, что крысы отлично умеют плавать, но не любят этого делать. Полигоном для эксперимента служил небольшой бассейн, где крысам везде «с головкой», кроме маленькой платформы, которая скрыта под водой. (А чтобы крысы не могли ее увидеть, вода была замутнена специальными добавками.) В течение 4 дней бедных мучениц науки по 4 раза бросали в бассейн, где они находили платформу и забирались на нее. С каждым днем крысы делали это все быстрее. Время достижения площадки рассчитывала компьютерная система, подключенная к видеокамере. На пятый день животных опять бросали в бассейн, но площадку оттуда предварительно убирали. Бедные крысы плыли к тому месту, где была площадка, и пытались ее найти. Нужно ли говорить, что безжалостная компьютерная система хладнокровно регистрировала время, которое они проводили там, где раньше был «островок»?

Как доказали физиологи, время, проводимое на месте исчезнувшей платформы, и есть самая точная оценка пространственной памяти у крыс. Чем это время больше, тем лучше пространственная память. Тут надо помнить, что крысы, при всем нашем к ним уважении и признательности, не люди. Они не сообразят, что площадку могли убрать, и будут пытаться отыскать ее, пока их не вытащат из бассейна. На шестой день животных опять бросали в бассейн. Площадку перед этим не просто возвращали на место, но устанавливали так, чтобы ее было видно. В этот день оценивали уже не память, а силу и зрение животных.

Как вы уже догадались, по всем исследованным показателям старые животные уступали молодым. И скрытую (погруженную в воду), и открытую платформу они искали примерно в 4–5 раз дол-

ше. Время, которое ветераны науки проводили на месте исчезнувшей платформы, было также в пять раз меньше, что говорит о соответствующем ослаблении памяти. Ацетил-L-карнитин и липоевая кислота по отдельности немного улучшали показатели, но самый лучший эффект давала, конечно, смесь. Результаты по нахождению платформ она помогла улучшить более чем в два раза, а вот показатель, характеризующий собственно пространственную память, был неотличим от «молодого» уровня.

Для изучения временной памяти (способности запоминать последовательность событий) крыс, которых держали перед этим на четверти нормального крысиного пайка, рассаживали в специальные домики, где были лампочка, динамик и рычаг. Если после подачи светового или звукового сигнала крыса успевала нажать на рычаг в течение 40 секунд, она получала кусочек корма. По скорости, с которой животное реагирует на сигнал, можно оценить его временную память. Измерения вели через 10 и 20 дней тренировок.

Фактически в этом тесте оценивается скорость условных рефлексов. Как многие помнят еще из школьной программы, условный рефлекс — это автоматическая, выработанная в ходе тренировки реакция на какой-то раздражитель. Например, противник открылся справа — свинг левой. Поэтому про боксера-чемпиона говорят: у него хорошие рефлексы. Ясно, что у старых крыс с рефлексами дело обстоит хуже, чем у молодых. В проведенных авторами опыта они реагировали на сигналы примерно в пять раз медленнее. Нужно заметить, что в этом тесте нельзя выделить четкую характеристику именно памяти, скорее можно говорить о скорости реакции. Поэтому, наверное, результаты не были такими показательными, как в тесте с бассейном и платформой. Тем не менее и в этом случае смесь Эймса обеспечила старым крысам заметное, примерно двукратное улучшение показателей.

Здесь возникает естественный для современной биологии вопрос: какие изменения в мозгу старых крыс обеспечили обнаруженное в опытах радикальное улучшение памяти? Вопрос этот далеко не абстрактный, а очень даже практический. Ведь зная механизм явления, мы можем попытаться ответить на самый важный вопрос: воспроизведутся ли результаты, полученные на крысах, у человека?

## При чем тут ДНК?

Поэтому, прежде чем двигаться дальше, попробуем очень коротко напомнить, что современная наука знает о механизмах памяти. Конечно, полностью эти механизмы не расшифрованы, слишком сложная штука память. Однако в самом об-

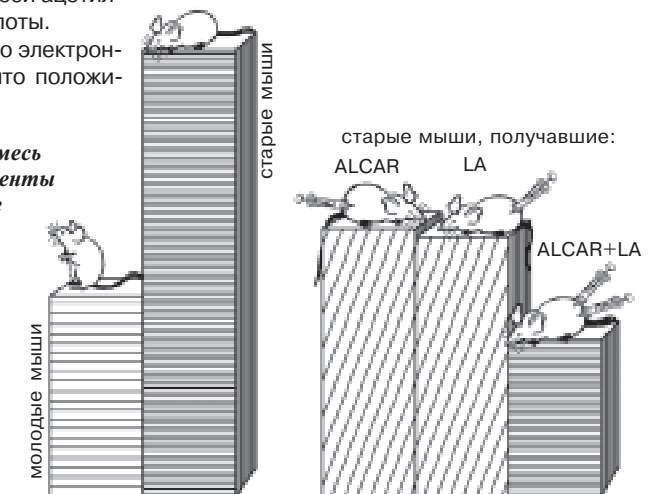
щем, грубом приближении можно сказать следующее. Переработкой информации, поступающей от органов чувств, занимаются нервные клетки — нейроны. Они имеют отростки, которыми соприкасаются друг с другом, образуя сети. (Места контактов называются синапсами.) Мозг — это, в сущности, большой конгломерат нейронных сетей со вспомогательными клетками, которые обеспечивают питание, мелкий ремонт и т. д.

Информация от органов чувств поступает в виде особых электрохимических импульсов. На передаче и воспроизведении таких импульсов основана кратковременная память. Понятно, что электрохимические процессы не очень подходят для хранения информации. Чтобы мозг «законсервировал» нужную информацию, должны произойти изменения в синапсах, а для этого, в свою очередь, необходим синтез белка. Накопление с возрастом окисленных азотистых оснований в ДНК и РНК приводит к тому, что мозг начинает работать со скрипом. У людей свой вклад в старческое слабоумие вносят еще и другие процессы, например закупорка сосудов холестериновыми бляшками. Однако окислительное повреждение ДНК — это общий для всех животных механизм, который работает на клеточном уровне.

Вот почему целью следующей серии биохимических опытов Эймса и его коллег стало изучение состояния ДНК и РНК у подопытных крыс. Эксперименты показали, что ДНК клеток мозга старых животных значительно перегружена окисленными азотистыми основаниями. В коре больших полушарий, которая, как известно, ответственна за высшие ментальные проявления, их содержание повысилось более чем в два раза. Такая же примерно картина была и в других участках. И так же как и в случае других негативных биохимических показателей, применение исследованных веществ позволило этот уровень снизить. Причем стабильного возврата к степени окислительного повреждения ДНК, характерного для молодого возраста, удалось достичь только при использовании смеси ацетил-L-карнитина и липоевой кислоты.

Проведенная дополнительно электронная микроскопия показала, что положи-

*Этот схематический рисунок показывает, как действует смесь Эймса и ее отдельные компоненты на относительное содержание окисленного гуанина в нуклеиновых кислотах гиппокампа (одного из отделов мозга) крыс. Видно, что они резко снижают вредоносное окисление. (Художница для наглядности нарисовала ипсичи, но вообще-то лекарство от старости можно просто пить.)*



тельные изменения в структуре молекул проявляются и в исправлении структуры нервных клеток. Уменьшается число дефектов митохондрий, других характерных внутриклеточных уродств, а также число гранул липофусцина, балластного вещества, которое с возрастом накапливается в клетках.

За счет чего же может уменьшаться количество окисленных молекул нуклеиновых кислот? Можно подумать, что дело здесь в антиоксидантах, но это будет верно лишь отчасти. Антиоксиданты могут предотвратить накопление окисленных оснований в РНК, которая существует недолго, обычно от минут до часов: затем, когда она выполнит свою функцию, разбирается специальными ферментами «на запчасти». После антиоксидантной интервенции новые РНК будут содержать меньшее количество окисленных оснований. С ДНК, которая живет достаточно долго, так не получится. Однако в клетке существуют специальные службы, называемые системами репарации (от английского *gerai* — исправлять, ремонтировать). Одна из этих систем как раз и ремонтирует ДНК, постоянно заменяя окисленные основания нормальными. Для того чтобы системы репарации работали хорошо, нужно многое, но в первую очередь — достаточное количество энергии и качественно работающие ферменты.

Дефицит энергии у старых животных связан с худшей работой ферментов. И наоборот, улучшение энергетики старого организма, которое вытягивает все остальные функции, должно быть основано на активизации работы ферментов.

Стало быть, для того, чтобы глубже разобраться, как работает лекарство от старости, нужно было выяснить, каким образом оно улучшает работу универсальных молекулярных машин — ферментов.

## Старение на уровне белков

Есть несколько причин плохой работы ферментов в клетках старого организма. Во-первых, это мутации в ДНК, в резуль-

тате которых меняется аминокислотная последовательность соответствующих белков и получаются новые, дефектные молекулы. Примерно то же самое происходит из-за ошибок в синтезе РНК. Кроме того, свободные радикалы кислорода окисляют участки молекулы фермента таким образом, что она изменяет форму и не может выполнять свою функцию. Продукты перекисного окисления липидов могут присоединяться к ферментам, что также не идет им на пользу. Наиболее вредное из этих веществ — малоновый диальдегид, МДА (тот самый, который используют в качестве «маркера старения»). Все это было известно уже в 80-х годах XX века. Новизна подхода Эймса и его учеников заключалась в том, что они, проанализировав как свои, так и чужие данные, попытались выяснить: а в чем же конкретно проявляется возрастная порча ферментов?

Здесь нам нужно вспомнить о помощниках ферментов — кофакторах. Без этих сравнительно маленьких небелковых молекул большинство ферментов работать не способны. Кофакторы не пришиты к ферментам крепкими химическими связями, которыми соединены аминокислоты в белке — их присоединение обеспечено слабыми электростатическими взаимодействиями. Поэтому при появлении в белковых молекулах самых разных дефектов в первую очередь ослабляется их связь с кофакторами. От этого ухудшается качество работы фермента, и в первую очередь падает скорость ферментативной реакции.

Проанализировав множество опубликованных к 2002 году данных, Эймс и его коллеги подсчитали, что примерно треть всех мутаций, возникающих в генах ферментов, ведет к ослаблению связывания с кофактором, а проведенные ими ранее эксперименты показали, что окислительное повреждение приводит к такому же эффекту. Ученые предположили, что, увеличивая концентрацию кофактора, можно компенсировать ослабление его связи с белком.

Это предположение удалось подтвердить практически, что, собственно, и стало блестящим завершением первой серии их работ, посвященных созданию лекарства от старости. Напомню, что ацетил-L-карнитин является предшественником L-карнитина, кофактора одного из главных митохондриальных ферментов — карнитин-ацетилтрансферазы (заменим это длинное слово аббревиатурой KAT). А липоевая кислота, как вы уже знаете, не только антиоксидант, но и кофактор другого ключевого митохондриального фермента — дегидрогеназы альфа-кетонных кислот. Не вдаваясь в сложные биохимические подробности, скажу лишь, что эти ферменты обеспечивают эффективное «сжигание» клеткой жиров и углеводов — главного биохимического топлива.

Вы, наверное, уже догадались, каким

образом можно было корректно поставить проверочный эксперимент? Именно так наши герои и поступили: измерили скорость работы фермента KAT в мозге молодых и старых крыс, а также крыс, получавших ALCAR, LA и их смесь. Получилось, что смесь действительно «исправляет» дефекты старого фермента, в результате чего тот начинает работать как новый. Кроме того, они провели несколько дополнительных модельных экспериментов. В них было показано, что добавление к чистой KAT малонового диальдегида и родственных ему веществ, которые вырабатываются в результате перекисного окисления липидов, снижает качество работы фермента. Но если предварительно к ферменту добавить смесь ALCAR и LA, ухудшения не происходит.

Подводя итоги, можно сказать следующее:

1. Если самые разные признаки организма выразить цифрами, то можно заметить, что при старении одни из них увеличиваются, а другие уменьшаются.

2. Месячное кормление (хотя их, собственно, поили, но поение звучит как-то не по-русски) старых крыс смесью ацетил-L-карнитина и липоевой кислоты возвращает большинство показателей к «молодой» норме или, по крайней мере, сдвигает их в «молодую» сторону. По отдельности эти вещества действуют так же, но гораздо слабее. Эти изменения я попытался проиллюстрировать на примере одного из биохимических параметров, отражающих эффективность работы мозга (см. рисунок). Это, конечно, грубая схема, упрощенный вариант диаграммы. Тем, кто хочет ознакомиться с биохимической фактурой, лучше заглянуть в оригинальные работы. А если вкратце — как уже отмечалось, подвижность и митохондриальный потенциал заметно улучшились, а остальные исследованные характеристики — память, содержание витамина С в печени, уровень перекисного окисления липидов печени, уровень окислительного повреждения ДНК и РНК в мозгу, скорость работы фермента карнитин-ацетилтрансферазы — полностью вернулись к «молодому» уровню.

3. Фактически получается, что по сумме объективных показателей старые крысы становятся более молодыми. В основе этого лежит улучшение снабжения клеток энергией за счет исправления дефектов ферментов на молекулярном уровне.

4. Немаловажно также, что все эти результаты опубликованы известнейшим современным биохимиком и его учениками в одном из самых серьезных научных журналов — «Proceedings of National Academy of Science USA».

Кстати, публикации состоялись в начале 2002 года, а сейчас на дворе 2006-й. Что же интересного случилось за это время? Постараюсь в меру своей осве-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

домленности ответить и на этот вопрос.

У американцев, как и у всех людей, есть, конечно, недостатки, но есть и качества, достойные всемерного уважения. Например, они никогда не тянут с внедрением научных достижений. Так получилось и с лекарством от старости. Уже в 2002 году американская фирма «Biosynergy Health Alternatives» выпустила препарат, содержащий исследованные Эймсом вещества с добавкой коэнзима Q. В аннотации к препарату прямо написано, что это средство против старения.

Эймс же и его товарищи продолжили свои исследования. За последние три года они опубликовали серию работ, посвященных практическому применению лекарства от старости, в том числе для лечения болезни Альцгеймера и паркинсонизма. Кроме того, ими открыта способность гамма-токоферола подавлять развитие опухолей, изучены генотоксические проявления авитаминоза, сформулирована концепция «метаболической гармонии» — самая научная, на мой взгляд, основа рационального питания для современного человека.

Удивительно, как Эймс все это успевает в свои почти 80 лет? Может, все дело в лекарстве от старости?

### Что еще можно прочитать о Брюсе Эймсе и его работах.

Владимир Чистяков. Лекарство от старости: теперь его можно купить в аптеке. Ростов-на-Дону, 2006. Электронное издание (vladimirchi@yandex.ru).

Статьи Эймса и его коллег, в которых описан феномен возвращения основных физиологических и биохимических параметров старых крыс к уровням, характерным для молодых, опубликованы в журнале «PNAS» («Proceedings of National Academy of Science USA», 2002, февраль, т.99, № 4, с. 1870–1881 и 2356–2361). Рефераты этих статей и обобщающих экспериментальные данные обзоров есть в общедоступной электронной библиотеке PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi>), а полные копии можно получить, послав письмо Эймсу (bames@chori.org) или автору этой статьи.



# Разные размеры

Выпуск подготовили

О. Баклицкая,  
М. Егорова,  
Е. Сутоцкая

Источники:  
EurekaAlert!  
News@nature.com,  
New Scientist

**З**а орбитой Нептуна и Плутона, последних планет Солнечной системы, обращается немало небесных тел, составляющих пояс Койпера. Одно из них, под шифром 2003 UB313, могут признать новой, десятой планетой. Пока ее рабочее название — Ксена. Она расположена в среднем в 16 млрд. километров от Земли, оборачивается вокруг нашего светила примерно за 560 лет. Орбита Ксены очень вытянутая, и сейчас это небесное тело близко к афелию — точке, наиболее удаленной от Солнца.

Точный размер Ксены определить трудно. Еще год назад считалось, что в поперечнике она почти на треть больше Плутона, однако недавно с телескопа Хаббла получили новое значение — 2488 км (у Плутона — 2374 км). Это немного превышает половину протяженности США с востока на запад.

Хоть Ксена и меньше, чем полагали ученые, но все равно она остается одним из самых ярких объектов в Солнечной системе. Лучше нее солнечные лучи отражает только Энцелад, геологически активная луна Сатурна, где гейзеры постоянно обновляют ледяное покрытие.

А что происходит на Ксене? Вероятно, ее лик глазирован слоем замороженного метана. Ученые предполагают, что когда-то Ксена находилась ближе к Солнцу и у нее была атмосфера. Затем она отлетела подальше, и ее «воздух» инеем выпал на поверхность. Возможно, метан, вытекая из теплых недр Ксены, замерзает и ярко сверкает в лучах Солнца.

Новые данные о «близнеце» Плутона наверняка оживят споры о классификации больших ледяных миров, составляющих пояс Койпера. Если размер Плутона считать минимальным для планеты, то и Ксена подходит под этот критерий. Так что же это такое — большой ледяной обломок или десятая планета?



**Н**овый способ выращивания искусственных тканей, названный биопечатью, разработали Г. Форгаш и его коллеги из Миссурийского университета (США). Ученые заметили, что скопления клеток диаметром в несколько десятых миллиметра ведут себя подобно каплям жидкости. Оказавшись рядом, они начинают сливаться и образуют слои, кольца или другие заданные экспериментатором структуры. Чтобы «напечатать» трехмерный объект, ученые чередуют слои укрепляющего геля, получившего название «биобумага», и капли клеток.

Форгаш утверждает, что в принципе так можно изготовить любую структуру. Для создания трубочек, которые могли бы выполнять роль кровеносных сосудов, необходимы клетки мышечной ткани и эндотелия, выстилающего стенки артерий и вен.

Несколько опытных экземпляров биопринтера, работающих на основе модифицированных струйных принтеров, были созданы ранее. Чернилами для них служат взвешенные в жидкости клетки. В устройстве, разработанном американскими специалистами, через печатающую головку одна за одной выдавливаются клеточные капли. Благодаря этому достигается более высокая концентрация клеток, следовательно, ткань образуется гораздо быстрее. Отпечатанные слои куриного сердца через 19 часов начали ритмично сокращаться, словно настоящее сердце.

До сих пор специалисты по искусственным органам сначала формировали для него каркас заданной формы, а затем высевали на него клетки. Процесс их роста занимал несколько недель. Таким образом, сотрудники Университета Вейк Форест научились выращивать мочевой пузырь и выполнили семь удачных его пересадок. Однако для массовых трансплантаций органов и тканей нужны более дешевые методы.



**С**индром хронической усталости (еще его называют миалгический энцефаломиелит) привлек к себе внимание общественности в 90-х годах прошлого века. Тогда многие ученые склонны были списывать его симптомы — непроходящую усталость, проблемы с памятью и сном — на недостаток отдыха. И хотя некоторые врачи до сих пор скептически смотрят на это заболевание, многие их коллеги относятся к нему всерьез. Предполагается, что только в США около миллиона людей страдают синдромом хронической усталости. Точных данных нет, так как большинство больных не обращаются к специалистам либо те не могут поставить правильный диагноз.

Сотрудники расположенного в Атланте Центра по контролю за заболеваниями и их распространением обнаружили у пациентов изменения в 12 генах, в норме помогающих организму адекватно отвечать на стресс. Специфическая комбинация вариантов этих генов соответствует появлению синдрома в 75% случаев.

Исследователи отобрали 227 пациентов с хронической усталостью и столько же здоровых добровольцев. У них обследовали состояние нервной системы, память, сон, состав крови. Медики пришли к выводу, что синдром хронической усталости развивается, когда из-за инфекции или травм повреждается работа гипоталамуса, гипофиза и надпочечников, а также взаимосвязи между ними. Эти органы активируются при физическом или эмоциональном стрессе, и нарушения не проходят бесследно для иммунной и других систем организма.

Вероятно, существует не менее четырех-пяти разновидности заболевания, за каждой из которых стоят определенные изменения в генах.



Специалисты по Антарктиде полагают, что озера, расположенные там под ледниками, — это замкнутые системы, которые сформировались миллионы лет назад и с тех пор не подвергались никаким внешним воздействиям.

Некоторые ученые склонны думать, что эти водные резервуары можно рассматривать как модель существования жизни в экстремальных условиях других планет. Потому так соблазнительно исследовать хотя бы один из них, пробуя скважину и взяв пробу. Наблюдения, проведенные с помощью спутника Европейского космического агентства, ставят эти планы под угрозу: глубоко подо льдами, от одного озера к другому текут реки величиной с Темзу, следовательно, есть риск, нарушив хотя бы одно из них, причинить вред всем остальным.

Скорее всего, большую часть времени водообмен между озерами не слишком активен, полагают специалисты из Университетского колледжа в Лондоне. Но если в одном из них чрезмерно повышается давление, поток воды устремляется в другие.

Считается, что запасов воды в самом крупном озере Антарктиды, Восток, хватило бы для снабжения Лондона в течение 5000 лет. Возможно, когда-то оно разливалось потоками до самых берегов континента. Новые данные говорят о том, что повторение такого события вполне вероятно.

Сейчас неизвестно, насколько многоводно озеро и сколько времени понадобится, чтобы наполнить его до краев, — тысячи или десятки тысяч лет, а потому ответить на вопрос, как его протечка повлияет на океанские течения вокруг Антарктики, практически невозможно. Быть может, она растянется на месяцы, изменив уровень океана в пределах сантиметра.



Основным источником питания коралловых полипов служат населяющие рифы микроскопические водоросли, которые преобразуют энергию солнечного света в питательные вещества и заодно придают кораллам красивые цвета. Поэтому эти кишечнополостные предпочитают светлое и теплое мелководье.

Впрочем, это не единственный способ добыть себе пропитание. У коралловых полипов есть жалящие щупальца, которыми можно ухватить проплывающую неподалеку добычу. Такое случается редко, однако при глобальном потеплении охота станет залогом выживания. С повышением температуры воды кораллы лишаются главного источника питания, а с ним и окраски и постепенно гибнут. Некоторые экологи полагают, что в ближайшие десятилетия исчезнет около 60% их колоний.

Сотрудники Университета штата Огайо решили посмотреть, как поведут себя кораллы в стрессовой ситуации. Они собрали у гавайских берегов представителей нескольких видов и поместили в резервуары с водой, нагретой до 27°C, — любимой температурой полипов. Затем воду подогрели до 30°C, и через месяц все эти животные полностью обесцветились.

Затем исследователи выпустили участников эксперимента на волю. Представители вида *Montipora capitata* пришли в себя очень быстро. Они не стали обзаводиться любимыми водорослями и занялись «рыбалкой», отлавливая фитопланктон. А вот их соседи, *Porites compressa* и *Porites lobata*, не желали прилагать щупальца, чтобы прокормить себя, и продолжали терять вес.

Авторы работы уверены: некоторые виды кораллов сумеют пережить глобальное потепление, но сколько будет этих видов — неизвестно. Быть может, *Montipora capitata* — единственный из них.

Бобовые культуры, питательные и дешевые, составляют основу рациона для жителей развивающихся стран. Впрочем, у них есть известный недостаток — метеоризм. Его провоцируют бактерии, обитающие в толстом кишечнике. Они специализируются на переработке остатков пищи, в том числе растворимых волокон, которые остались нетронутыми после пребывания на верхних этажах пищеварительного тракта. Такого рода остатков много, например, в черной фасоле, популярной в Центральной и Южной Америке.

Сотрудники Университета имени Симона Боливара, расположенного в Каракасе (Венесуэла), выяснили, что переваривание бобовых можно существенно ускорить, проведя ферментацию бобов с молочнокислыми бактериями *Lactobacillus casei*. При этом количество растворимых волокон снижается почти на две трети, а углевода рафинозы, еще одной газообразующей составляющей, — на 88,6%. Одновременно значительно — на 97,5% — увеличивается количество нерастворимых волокон, которые, как полагают, благотворно воздействуют на кишечник, помогая пищеварительному тракту избавиться от токсинов.

Таким образом, считают ученые, ферментация бобовых в пищевой промышленности с использованием *Lactobacillus casei* способна свести на нет побочные эффекты, а питательные свойства продукта только улучшатся.

Доктор Ф.Филлипс из Британской диетической ассоциации полагает, что проведенное исследование принесет свои плоды, хотя на практике некоторые любители бобовых полагаются на народное средство — постепенно увеличивать их потребление. Тогда организм адаптируется и сам избавляется от негативных последствий.



Останки динозавра впервые обнаружены в Северном море недалеко от Норвегии, в 2,5 км ниже уровня дна. Палеонтолог Д.Х.Хурум из Университета Осло говорит, что это — бабка, надкопытный сустав конечности платезавра. Костям 195–210 млн. лет

Ученый утверждает, что на такой глубине кости динозавра найдены впервые. Останки морских рептилий находили и раньше, когда бурили дно Северного моря в поисках полезных ископаемых, но встретить здесь наземное животное — большая неожиданность. Хурум распознал раздробленную бабку в длинном куске скалы, высверленном из породы в норвежском морском месторождении.

Геологи заметили этот любопытный экземпляр еще в 1997 году, но, решив, что это какое-то растение, убрали камень в ящик и забыли про него. В 2003 образец попал в руки Хурума, которому показалось, что он похож на кости динозавра. После консультации с палеонтологами из Боннского университета и микроскопического исследования выяснилось, что по структуре кость сходна с костями вида *Plateosaurus*, который чаще всего встречался в Европе.

При жизни платезавра между Норвегией и Гренландией была пустыня, которую пересекали извилистые реки. «Мы знали, что в этих местах была пища, значит, здесь должны были обретаться и те, кто ее поедал, но мы не знали, какие это были животные», — говорит Хурум.

В ледниковый период норвежские скалы практически разрушились, но, вероятно, останки динозавров можно найти и на северных островах Шпицбергена.

# Медовые каникулы

## Жизнь в аписфере

Из огромного множества существ, обитающих на нашей планете, лишь несколько видов создали высокоорганизованные сообщества, которые в значительной степени повлияли на биосферу Земли, изменив ее качественно и количественно. Два из них — человек (*Homo sapiens*) и пчела (*Apis mellifera*). История взаимоотношений человеческой цивилизации и природы, насчитывающая всего несколько десятков тысяч лет, открывает все новые и новые способы создания какосферы («Химия и жизнь», 2005, № 11). Второе же сообщество, вместо того чтобы приступить к безудержному потреблению, покорению и уничтожению естественной окружающей среды, сумело стать ее неотъемлемой частью, некоей аписферой.

Совместная эволюция растений и опыляющих их насекомых создала огромное разнообразие тех и других. Чтобы привлечь как можно больше клиентов из мира насекомых, растения, не ведая стыда, обзавелись и выставили напоказ множество прекрасных и благоухающих органов со специфическими функциями. Благодаря этой фитозерности мы можем наслаждаться ягодками и плодами, а заодно задумываться о таинстве непорочного зачатия и механизмах партеногенеза.

Однако вернемся к аписфере. Сведения об пользе пчел и особенно о продуктах, которые они создают, хорошо известны, но довольно высокая цена этих продуктов и недоверие к продавцам не позволяют большинству жителей страны в полной мере вкусить результаты деятельности насекомых. Недоверие возникает в основном из-за недобросовестной конкуренции среди самих пчеловодов, настырно рекламирующих свою продукцию как самую чистую и настоящую. Тем самым они как будто заявляют, что у остальных-то мед фальсифицирован. И в самом деле, технологически это сделать несложно, а доказать фальсификацию трудно, несмотря на огромное количество пунктов в старом и новом ГОСТе, по которым якобы можно отличить поддельный мед от настоящего.

Жители России издревле собирали и продавали по всему миру как мед, так и воск. Да и сами любят этот продукт за сладость и за возможность изготовления легких и крепких хмельных напитков. Население, рассеянное по огромной территории, никогда не пренебрегало дарами природы. И сегодня миллионы российских дачников, садоводов и простых сельских жителей с удовольствием трудятся и отдыхают на своих участках. Плоды их труда: овощи, ягоды, фрукты, разнообразят семейный стол и украшают жизнь. Именно среди этих энтузиастов имеется множество активных людей, готовых последовать примеру мэра Москвы и приобрести к увлекательному занятию, способствующему увеличению в семейном рационе полезных и вкусных натуральных продуктов. Зачем мучиться сомнениями, хорош ли мед на рынке, если его можно получить на собственном дачном участке, да еще и увеличить количество собираемых плодов и ягод? Однако технология ухода за пчелами сложна, и большинству людей, не обладающих излишком свободного времени, освоить ее не по силам. Если же ее упростить, то пчеловодство может стать массовым увлечением и одной из разновидностей летнего отдыха. А для того чтобы найти способ кардинального упрощения технологии пчеловодства, присмотримся повнимательнее к жизни улья.

## Пчелиная семья

Интерес к биологической и социальной организации пчел возник в самом начале нашего собственного социума и никогда не прекращался. То, что известно к настоящему времени, не может оставить равнодушным никого, кто прикоснулся к этому удивительному миру. Сложная иерархия отношений, четкое разделение обязанностей, трудолюбие и альтруизм... Миллионы лет поведение и структура сообщества пчел не подвергались видимым изменениям. Все попытки генетиков повлиять на генетические структуры, контролирующие поведение или морфологию пчел (а это легко удается с другими насекомыми, с теми же дрозофилами или шелкопрядом), до сих пор кончались полной

неудачей. Пчелиная семья — это такая социально-биологическая форма материи, составляющие которой не могут существовать вне сообщества, поскольку их взаимозависимость очень велика. В пчелиной семье царит строжайший матриархат. Центр пчелиной семьи — матка (раньше ее называли царицей, так как она всегда окружена свитой). Свита состоит из рабочих пчел сплошь женского рода. Эти придворные дамы охраняют матку и ухаживают за ней, снабжая особо калорийным и питательным кормом. Самцов-трутней рабочие пчелы тоже кормят: они находятся на полном иждивении. Летом наличие трутней в улье, особенно во время медосбора, повышает активность трудового женского коллектива самым фактом своего присутствия. (О механизмах данного эффекта можно только догадываться.) Однако наступает осень, и трутней безжалостно изгоняют из улья.

Матка — фантастически продуктивная биологическая машина: в сутки она может откладывать от 1 до 3 тысяч яиц, и так многие месяцы и даже годы. Вес яиц, откладываемых маткой за сутки, может превышать ее собственный (150 мг) более чем в два раза. Из этих яиц через три дня появляются личинки, которые на 21-й день превращаются во взрослых рабочих пчел. Далее по мере взросления пчелы работают внутри улья. Сначала няньками, ухаживая за личинками, затем, когда у них развиваются восковые железы, участвуют в строительстве сот, их запечатывании. Есть еще работы по охране сот и поддержании чистоты в улье. Только спустя 10–14 дней пчелы обучаются вылетать из улья, перерабатывать нектар в сотах, а затем и собирать его.

Для выращивания одной пчелы требуется пять граммов меда и примерно столько же пыльцы. За один прилет пчела приносит 30–40 мг нектара, делая в день не более десяти вылетов. При средней концентрации сахаров в нектаре 20–30%, а в меде 82% она может принести за день в улей при летной погоде около 100 мг меда. Чтобы собрать один килограмм меда, пчелам нужно сделать не менее 100 тыс. вылетов и посетить 1 млн. цветков иванчая, 2–3 млн. цветков липы или не ме-

### Справка

Среди растений больше всего меда дает липа (от 1000 до 2500 кг/га, а из травянистых растений — иван-чай, донник, шалфей (100—300 кг/га). Интересно, что много меда дают и такие злостные сорняки, как осот, мордовник, чертополох, василек, льнянка и другие. Возможно, именно с этим связан широко известный в советское время антагонизм между председателями колхозов и пчеловодами. Применявшиеся в то время примитивные и архаичные агротехнологии не позволяли на большей части полей избавиться от сорняков, чем пользовались ушлые пчеловоды, получая отличный мед с полей, засеянных пшеницей, овсом, рожью.



нее 4 млн. цветков гречихи. У опытных пчеловодов хорошо развитые семьи во время главного летнего медосбора в июле приносят в день от десяти и больше килограммов меда на улей. Если учесть, что мед собирает не более половины населения улья, простой расчет дает общую численность такой семьи: около 100 тысяч особей.

### Зачем нам пчелы? Нам нужен мед

Приглядевшись к жизни семьи пчел, легко прийти к вопросу: а нельзя ли обойтись без того, чтобы выкармливать множество насекомых, которые нужны для поддержания жизни семьи, но для сбора меда — главной задачи пасечника — не требуются. Достигнутый на сегодня уровень знаний о биологии и поведении пчел позволяет ответить на него положительно. Решение такое: создавать пчелофабрики и разводить пчел в любых необходимых количествах. Например, препараты типа ВЭСП (витамино-экдистероновый стимулятор пчел) были разработаны на основе данных о молекулярно-генетических механизмах регуляции генов у плодовой мушки дрозофилы, полученных в Институте общей генетики РАН под руководством доктора биологических наук В.Т.Какпакова. С помощью этого препарата, в состав которого входит фитоэкдистерон (аналог регулятора развития насекомых, который некоторые растения вырабатывают для защиты от вредителей) из папоротника многоножки, пчел можно размножать не только летом, но и зимой, и ранней весной.

Далее из выведенных этим способом пчел миролюбивых и трудолюбивых пород нужно формировать рабочие бригады численностью от 10 тыс. и более. Я называю их «безматочные пчелопакеты». Пчелы в таких семьях не почувствуют себя сиротами и не станут стремиться обзавестись новой маткой, как предписывает их инстинкт, если воспользоваться еще одним достижением отечественных химиков. В Уфе, в Институте органической химии УНЦ РАН А.Г.Мунипов с коллегами синтезировал вещества, по которым пчелы узнают свою царицу — феро-



*Готовь сани летом,  
а коробули — зимой*

моны матки. Если подложить коробочку с феромоном в специальный улей, пчел удастся обмануть: они станут отстраивать соты и заполнять их медом. Такой специальный улей — коробуля, сделан не из тяжелых досок, а из гофрокартона, пищевого пластика и полимерной воины стандартного или произвольного размера.

Летом 2005 года я провел первые испытания предложенной мной технологии. Коробули вместе с рамками и пчелами изначально весили чуть более двух килограммов, но уже через две недели, после того как их оставили во время цветения липы на «Царской пасеке» Измайловского парка Москвы, стрелка весов под ними отклонялась до цифры в двадцать килограммов и более. Для сравнения: обычный улей из досок весит от 30 до 40 кг, а вместе с сотами, пчелами и медом — от 60 до 100 кг.

Технология коробулей с пчелопакетами способна сотворить настоящее

чудо. Только представьте себе: если обычный садовод, дачник, сельанин решит заняться пчеловодством, ему нужно будет всего лишь доставить коробули с пчелами на свой участок. Возможно, и любители туризма захотят поехать с коробулями, семьей и палаткой в какой-нибудь заповедный уголок нашей необъятной страны. На берег реки, озера, в таежную глушь, тундру — словом, туда, где можно провести двух-трехнедельные «медовые каникулы». Такой выезд необходимо приурочить ко времени массового цветения растений, с которых хотелось бы получить мед: малины, липы, иван-чая, брусники, вереска, гречихи, одуванчика, пустырника, донника... О сроках цветения этих растений можно узнать из специальных фенологических календарей. Приехав на облюбованное место, турист ставит коробулю на небольшие напольные весы, открывает задвижку на летке и с замиранием сердца следит, как стрелка изо дня в день постепенно отклоняется. По окончании медосбора пчел в такой неразмножающейся семье почти не останется, так как летняя рабочая пчела живет всего пять недель, из которых три проводит на внутриульевых работах.

Несмотря на кажущуюся простоту предлагаемой схемы, она радикально меняет сложившиеся традиции и стереотипы пчеловодства. Фактически речь идет о создании редуцированного биоконвектора или биотрансформера, в котором одна форма материи, социально-биологическая (пчелы), переходит в другую, органическую (мед).

Хорошо бы, если кто-то, обладающий финансовыми и производственными возможностями, заинтересуется этой идеей. Тогда внедрение высокотехнологичной системы домашнего производства меда значительно ускорится. Стоять у истоков совершенно новой наукоемкой биотехнологии, которая способна заинтересовать огромное количество садоводов-любителей, — хорошая перспектива для любого бизнеса.

**А.В.Кулинич**  
gishar@mail.ru



# Скользкий лёд

**М.В.Загайнов,**  
кандидат технических наук  
**Г.П.Яковлев**



**А** что, бывает нескользкий? Еще как бывает! Для хоккея и фигурного катания этот показатель не имеет решающего значения — был бы лёд ровным, поэтому площадку для них заливают обычной умягченной водой или даже водопроводной. Но если для заливки конькобежной дорожки использовать водопроводную воду, то содержащиеся в ней соли выходят на поверхность и сильно снижают скорость движения. У нас очень долго не было «скользких дорожек» мирового уровня, и нашим спортсменам приходилось тренироваться за границей где они, естественно, чувствовали себя не очень-то уютно. Кстати, с олимпийскими чемпионами по фигурному катанию у нас никогда проблем

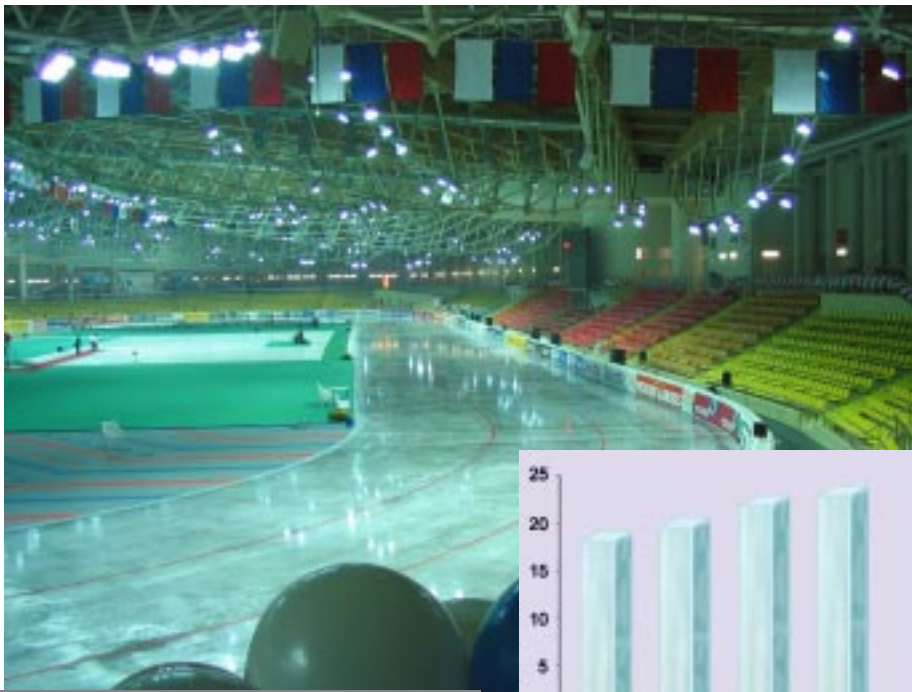
не было, равно как и с хоккеем. А вот с конькобежцами — были.

В сентябре 2004 года в Москве открылся крытый каток «Крылатское», а уже через год его техническая служба вывела «Крылатское» в тройку лучших мировых сооружений подобного уровня по скоростным свойствам льда. В итоге — три блистательных результата наших спортсменов на олимпиаде в Турине и два на первенстве мира 2006 года. Но никто не поделился секретом, как добиться таких успехов. Дело в том, что каждый крытый конькобежный центр имеет свои оригинальные технологии, с помощью которых делает конькобежный лёд скоростным. Фактически эти технологии составляют ноу-хау центра,

и естественно, что нет никаких публикаций в открытой печати, рецептурных данных и прочего. Все засекречено, поскольку качество ледового покрытия, дающее возможность спортсменам улучшить свои результаты на зачетных дистанциях (чем они длиннее, тем сильнее влияют свойства льда на время пробега), и формирует мировой рейтинг крытого конькобежного центра. Когда наши технологи начали решать эту задачу, единственное, что было известно, — чтобы снизить трение конька по льду, в его поверхностный слой нужно добавлять композит. С этим знанием теории и без практического опыта стартовали наши специалисты.

Спортивный комплекс «Крылатское» построили как универсальный — для тренировок и соревнований по шести видам спорта на льду. Но основной целью строительства крытого катка было именно создать хорошие условия для наших конькобежцев (не только лёд, но и воздушная среда), — не хуже, чем на ведущих европейских катках. Были основания считать, что это поможет нашим спортсменам добиться успеха. После того как в развитых странах около 15 лет назад тренировки и соревнования конькобежцев перенесли в крытые центры, результаты у них сильно возросли именно благодаря оптимизации свойств поверхности льда и теплофизических параметров воздуха на арене. За эти годы ведущие мировые катки набрали большой опыт и приобрели бесценное ноу-хау. Кстати, если улучшать скоростные характери-



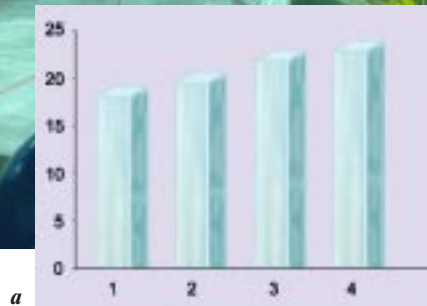


стики льда техническим службам помогал научный коллектив ООО «ГП Холодильно-инженерный центр», то налаживать температурно-влажностный режим воздуха на арене пришлось совершенно самостоятельно.

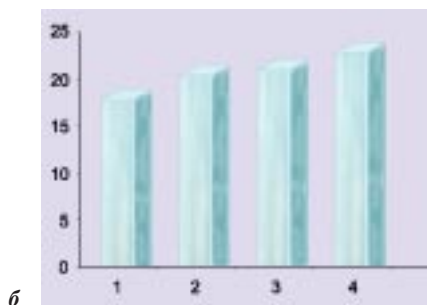
Чтобы яснее можно было представить себе сложность задачи, сравним наш СК «Крылатское» с конькобежным центром «Овал» (Oval Lingotto), который построили в 2005 году в Турине для проведения олимпийских соревнований по скоростному бегу на коньках. Здания двух комплексов вмещают примерно одинаковое количество зрителей, при этом объем здания катка в Москве на треть больше туринского. Похожи и системы очистки воды — четырехступенчатые, с применением на финишной стадии мембранной технологии, как и полагается на катках высокого технического уровня.

Но в Турине залиты только беговые и разминочная дорожки, а центральная часть отдана под разминку без коньков, награждение или переодевание спортсменов. В Крылатском же залита вся арена, причем там нужно было не только создать высокоскоростной спортивный лед для конькобежцев, но и лед для хоккеистов с мячом, для школы фигурного катания и даже для сеансов массового катания москвичей. А требования к параметрам льда во всех этих случаях разные.

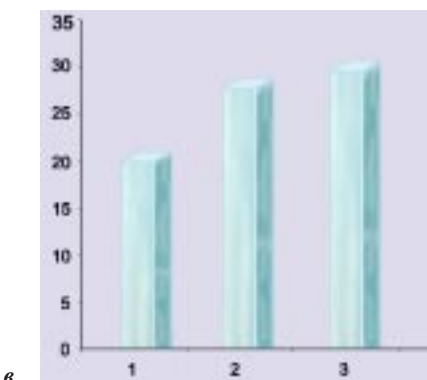
Более того, у нас оказалась немного меньше установленная мощность по холоду системы хладоснабжения ледового поля (без учета резерва), значительно хуже работают кондиционеры, меньше их производительность, да и вен-



2 — вода после магнитной обработки;  
3 — вода с ПАВ;  
4 — вода с композитом



2–4 — вода с разными композитами и технологиями их добавки



2–3 — вода с усовершенствованным композитом

**1**

**Скользкость льда в зависимости от подготовки и состава воды. По оси Y — дальность пробега скользящего (в метрах). Столбик 1 по оси X на трех диаграммах — лед из очищенной воды**

тиляция в помещении немного подкачала. Так запроектировала финская фирма «ЮИТ Элмек» (кстати, хотелось бы, чтобы в других катках, которые строит эта фирма, учли наш опыт).

Условия жесткие, но задачу как-то надо было решать. Начали, конечно, с воды. Для заливки льда под конькобежцев нужна вода высокой степени очистки: сетчатый фильтр, угольный фильтр, ионообменный и мембранный по технологии обратного осмоса. Все это было сравнительно просто, поскольку нужное оборудование в комплексе имелось, и нам удалось достичь даже лучших показателей, чем у наших итальянских коллег (табл.).

**Н**о на одной воде далеко не уедешь, поэтому в сентябре 2004 года, почитав научную литературу, технологи центра при участии ООО «ГП Холодильно-инженерный центр» начали испытывать разные композиты (в их состав входили поверхностно-активные вещества — ПАВ и вещества, снижающие температуру замерзания воды). Эксперимент был поставлен по всем правилам. Качество поверхности льда определяли по дальности пробега скользящего конькобежца. Для сравнения брали пробег по дорожке, залитой простой очищенной водой, без добавок.

За три месяца (с сентября по декабрь 2004) удалось сделать лед достаточно высокого качества. Уже в декабре 2004 года на этих дорожках



## ТЕХНОЛОГИИ

прошли первые московские международные соревнования: европейские игры юниоров по конькобежному спорту, а в феврале 2005 года — первенство мира. Качеством льда участники соревнований остались довольны — а среди них были спортсмены, воспитанные на лучших мировых катках Херенвейна, Калгари, Солт-Лейк-Сити. В 133 забегах конькобежцы установили 99 личных рекордов. Установили также три мировых рекорда для юниоров.

С октября 2005 года борьба за скользкий лед продолжилась. Из работы, которую уже провел к этому времени ООО «ГП Холодильно-инженерный центр», было понятно, что самый эффективный способ — добавить в воду композит, а не просто ПАВ (рис. 1а). Если добавить разработанную учеными смесь, то скользиметр пробежал на 20,8% дальше, но появилась новая проблема — лед стал весьма неровным, словно на него нанесли тиснение. На таком льду было некомфортно кататься, о чем тут же сказали тренеры ведущих спортсменов страны, и для соревнований это никак не годилось. Учитывая перспективность композита, служба эксплуатации СК «Крылатское» занялась доработкой и рецептуры, и технологии применения, предприняв научные исследования, которые поначалу не планировались. На залитой по новой технологии ледяной дорожке (рис. 1б) скользиметр пробежал на 25% дальше. Эту технологию начали использовать с конца ноября 2005 года, и уже на этом льду тренировалась наша олимпийская сборная.

Лед на крытом катке заливают один-два раза в год. Зато обслуживают его — строгоают и дозаливают поверхностный слой — ежедневно по несколько раз, фактически перед каждой тренировкой, игрой, массовым катанием или соревнованием. Композит же вносят только тогда, когда нужно улучшить скоростные свойства льда, сделать его более скользким. После олимпийских игр все наши тренеры и победители в один голос сказали: «Появление этого стадиона ста-



Таблица  
Лабораторные исследования проб воды, используемой для заливки льда в Турине и в СК «Крылатское»

Показатели воды	Единицы измерения	Результаты анализа воды из Турина	Результаты анализа воды СК «Крылатское»
pH		6,2	5,0
Железо (общее)	мг/л	0,01	0,01
Хлор (общий)	мг/л	0,03	0,01
Жесткость	градусы жесткости	0,33	0,42
Сульфиды	мг/л	1,0	Менее 1,0
Сульфаты	мг/л	4,0	1,0
Фториды	мг/л	0,13	0,00
Цветность		Прозрачная	Прозрачная
Содержание кислорода	мг/л	0,13	0,1
Электропроводность	мс/см <sup>2</sup>	13	2

ло настоящим прорывом. Теперь мы можем тренироваться дома, причем в прекрасных условиях. Перед олимпиадой у нас был идеальный лед». Если же сравнить результаты выступлений российских участников олимпийских игр на катке «Овал» в Турине и в декабре 2005 года на льду катка СК «Крылатское», то окажется что для дистанций 1500 м, 3000 м и 5000 м время, показанное спортсменами в Москве в декабре 2005 года, для большинства участников оказалось существенно лучше, чем в Турине. Ну что ж, честно заработанный мировой рейтинг катка и предполагает такие показатели.

Техническая же служба комплекса не остановилась на достигнутом и продолжила исследовательские работы по совершенствованию рецептуры и технологии скользкого льда. Состав,

на который сейчас оформляет патент техническая служба катка «Крылатское», сильно отличается от того, которым были так довольны наши спортсмены. Подробный рецепт по понятным причинам никто не раскрывает, но с новым композитом (рис. 1в) скользиметр улетает дальше уже почти на 45,5% по сравнению с предыдущими 20,8–25%. И это, безусловно, еще один шаг вперед в решении скользкой научной задачи, а также в совершенствовании российских спортсменов и выходе их на лидирующие мировые позиции.

Фотографии предоставлены дирекцией спортивного комплекса «Крылатское».





Кандидат  
географических наук  
**Ю.П.Супруненко**

# Угрозы

1  
*Айсберг B15A*

## и блага Антарктиды



ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

### Катастрофический отёл

Новости из Южного полушария иногда звучат как военные сводки. Так, в марте 2000 года огромная глыба плавающего льда длиной около 295 км и шириной в среднем 37 км откололась от шельфового ледника моря Росса и медленно дрейфовала в водах Антарктиды (рис. 1). Она в тысячи раз больше того айсберга, который погубил «Титаник», и страшно даже представить себе, что произойдет, если какое-либо судно столкнется с таким ледяным монстром. («Химия и жизнь» подробно рассказывала о судьбе этого айсберга и его обломков, последний раз — в январе этого года. — Примеч. ред.) Наибольшую угрозу для судоходства представляют откалывающиеся от льдины сотни глыб, которые трудно разглядеть в воде. Многие из них всего на метр возвышаются над поверхностью океана, тогда как их основная часть находится под водой.

Сотрудники чилийского Антарктического института считают, что появление таких льдин — симптом глобальных изменений в природе. Есть и более мрачные прогнозы, чем массовый откол айсбергов, парализующий судоходство в южных океанических водах.

В южной ледяной шапке Земли скрыто около 30 млн. км<sup>3</sup> льда. Если его растопить, то уровень Мирового океана поднимется на сто метров. Такой страшной катастрофы человечество не знало. Однако примерно пятая часть антарктического ледяного покрова



2  
*Космический снимок еще одного айсберга-гиганта*

способна растаять, по геологическим меркам, довольно быстро — за пару сотен лет, и процесс этот, возможно, уже начался.

Айсберги у берегов Антарктиды образуются постоянно. Ученые называют их откалывание от основного массива льда «отёлом». Благодаря ему за год в океан попадает не менее 2400 км<sup>3</sup> льда. Целые ледяные поля десятки лет бороздят океанские просторы, пока не растают (рис. 2). Особенно хрупки шельфовые ледники, плавающие на поверхности моря. Участки их отрываются

довольно часто и дрейфуют в виде огромных плоских «столовых» айсбергов. Иногда такие острова достигают свыше 300 км в длину и содержат больше льда, чем самые большие горнодолинные ледники. Некоторые из них доплывают до широты южной оконечности Африки. Служба патрулирования в Южном полушарии, в отличие от Северного, не следит за ними, так как они пока не подходят к мировым морским путям. Но что произойдет, если их количество резко возрастет?

Средняя скорость образования айсбергов — 3 тыс. кубометров в год, но эта величина не постоянна. Ледяной покров Антарктиды очень неодно-



роден, и везде по нему проходят огромные трещины. Особую опасность для целостности льда представляют так называемые гляциоантиклинали — вспучивания, образованные более старым льдом. Огромные напряжения, накопленные за сотни тысяч лет, способны буквально взорвать изнутри четырехкилометровую толщу льда.

Главные места рождения айсбергов в Антарктиде — два таких гигантских разлома, проходящих неподалеку от шельфового ледника Росса и у берегов моря Уэдделла. Геофизические приборы фиксируют, что напряжение в ледяной коре этих мест уже достигло критических отметок. Достаточно толчка — падения метеорита, землетрясения или ядерного испытания в Тихом океане, — и ледяной покров может прийти в движение. Гипотетическую катастрофу ученые уже окрестили Большим антарктическим взрывом. Последствия для всей планеты будут невиданными — около 5–6 тыс. км<sup>3</sup> льда превратится в айсберги, плавающие в водах Тихого и Атлантического океанов.

Находящиеся на плаву гигантские шельфовые ледники Антарктиды подвержены постоянному воздействию приливов, которые поднимают и опускают лед, способствуя откалыванию айсбергов. Приливы высотой более двух метров вполне могут расколоть ледники толщиной 200–400 м на серию огромных глыб (рис. 3). Очень динамичен, например, барьер шельфовых ледников Фильхнера—Ронне, Ларсена, Лазарева, Эймери, Шеклтона: вдоль него выстраиваются целые ряды ледяных гор, готовых к плаванию (рис. 4).

Отёл айсбергов может быть вызван и льдотрясением. Но особенно крупные глыбы из ледового барьера вы-

рывают мощные океанские волны и резкие колебания атмосферного давления. Благодаря им находящиеся на плаву ледники начинают колебаться, раскалываться и рождать айсберги.

Массовое выпадение айсбергов может произойти очень быстро — лет за пятьдесят. Как только начнет крошиться ледник Росса, уровень воды в океанах станет повышаться примерно на 5–10 см в год. А по мере продвижения айсбергов в теплые широты эта скорость будет все время возрастать из-за их быстрого таяния. В целом за полвека уровень Мирового океана может подняться метров на двадцать. Низменные прибрежные территории, а это примерно семь процентов суши, окажутся под водой, но главное — они составляют четверть всех обрабатываемых пахотных земель. Некоторые страны, такие, как Нидерланды, вообще исчезнут с карты мира. Последствия этих, казалось бы, региональных затоплений будут сравнимы с пла-

3

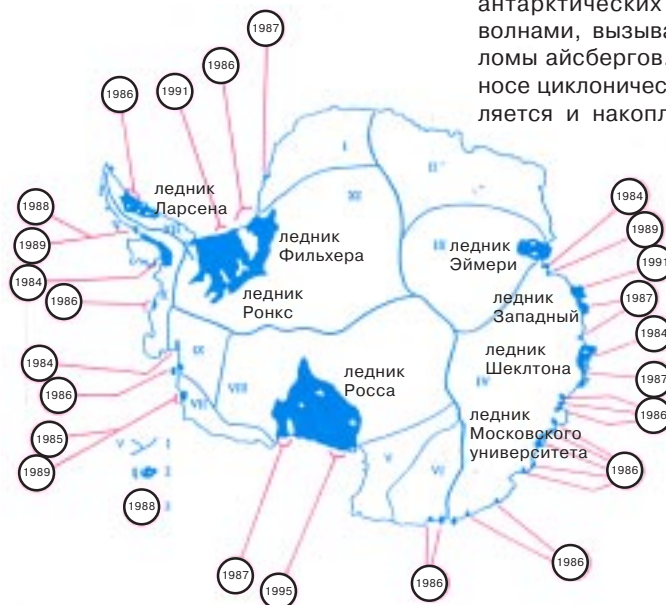
*Человек  
на поверхности айсберга  
почти не заметен*

нетарной катастрофой. Кроме того, уже через несколько лет после Большого антарктического взрыва плавающие ледяные глыбы практически парализуют морское судоходство в южных морях.

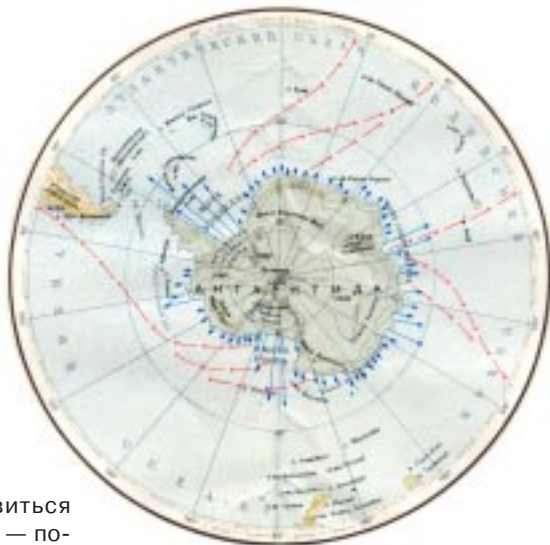
### «Антарктида тает на глазах»

Подобные заголовки начали появляться в средствах массовой информации в середине 90-х годов прошлого столетия. Основания если не для паники, то для настороженности были: из Антарктиды регулярно приходили сообщения об отколе огромных столовых айсбергов. Но все это не было чем-то необычным и не говорило о необратимом разрушении Антарктического ледникового щита. Множественные отколы айсбергов на протяжении XX столетия происходили периодически, каждые 20–25 лет.

Величина антарктических ледников и соответственно интенсивность откола айсбергов изменяются вовсе не случайно, а подчиняются атмосферной циркуляции в Южном полушарии. При наступлении ледников преобладают меридиональные переносы воздушных масс, которые приводят к росту снегонакопления, усилению циклонической деятельности. Циклоны быстро продвигаются к побережью материка и воздействуют на плавающие части антарктических ледников морскими волнами, вызывая их подвижки и обломы айсбергов. При широтном переносе циклоническая активность ослабляется и накопление снега снижает-



4  
*Появление крупных айсбергов у края Антарктического ледникового щита в 80 — начале 90-х годов (по книге: В.М.Котляков. Наука. Общество. Окружающая среда. М.: Наука, 1997)*



ся. Плавающие части ледников меньше разрушаются волнением.

За 20–25 лет часть сократившихся в результате обломов шельфовых и выводных ледников успевает восстановиться полностью, а наиболее крупные — почти наполовину. Образующаяся при таянии айсбергов вода становится ощутимой частью глобального водообмена, с атмосферными осадками она затем вновь перекачивается на снежно-ледовый материк.

Эти колебания не выходят за рамки устойчивости всей системы «атмосфера—океан—оледенение». Однако палеорекострукции дают обильный материал для предположений о более опасных явлениях.

Библейская тема Всемирного потоп сохранилась в памяти человечества, как считают специалисты, из-за наводнений в плотно заселенных людьми местах, например в долине Месопотамии. Вполне возможно, что прибрежные равнины были затоплены предыдущим «антарктическим взрывом». Исследование осадочных пород в этих районах показывает, что около десяти тысяч лет назад Земля переживала подобную катастрофу.

Процесс образования айсбергов закономерен и неизбежен, однако происходит он то очень быстро, то замедляется в зависимости от климатических и геологических условий. При потеплении ледяной покров раздвигается вширь, выползает в море и интенсивнее откалывается, порождая ледяные горы.

Есть еще одно обстоятельство, помогающее передвижению ледников. Недавно радиофизическое зондирование ледового покрова в районе российской антарктической станции «Восток», а затем и в других местах помогло обнаружить подледниковые озера пресной воды. Размеры озера под станцией «Восток» составляют примерно 800 на 200 км, и простирается оно между подошвой ледника и скалами. Таким образом, лед здесь может скользить по воде, как по смазке. А в этом году появились сведения, что подобные озера соединяются реками (см. «Разные разности», с. 50).

Наличие подледных озер в Антарктиде позволяет с большей уверенностью утверждать, что центробежное расплывание льда возможно. Вероятно, «большие взрывы» происходят здесь периодически, примерно раз в десять тысяч лет, когда ледяная кора накапливает достаточно энергии.

А не угрожает ли Антарктиде исчезновение из-за глобального потепления? Оптимисты сомневаются, что эта тенденция достоверна и продлится долго. А кроме того, на шестом континенте не только не наблюдается потепления, но за последние полвека, похоже, даже похолодало.

### **Айсберги нам помогут**

Угроза катастрофических наводнений — это только возможность. Сегодня же человечеству приходится решать другие неотложные задачи. Проблема питьевой воды — из числа острейших. По данным экспертов ООН, в современном мире нехватку воды испытывает четверть миллиарда людей. Лет через двадцать с этой проблемой столкнется до четырех миллиардов человек. Одним из возможных ее решений может стать использование огромных ледовых ресурсов Антарктиды, Гренландии, Аляски.

Немаловажный довод в пользу талой воды — ее качество. Многие болезни связаны с грязной водой, а лед айсбергов десятилетиями давноности заведомо не испорчен никакими промышленными выбросами. Однако вода — это не только здоровье, но и жизнь людей. Военные конфликты в засушливых странах из-за контроля над водными артериями и источниками не единичны как в истории, так и в современном мире. Возможно, вода, а не нефть станет причиной вооруженных конфликтов будущего, заявляют политологи.



До 90% всех запасов льда в мире сосредоточено в Антарктиде. 3000 км<sup>3</sup> пресной воды, которые она за летний сезон сбрасывает в океан в виде айсбергов, — это более половины всего мирового водозабора. Поскольку ледяные горы обычно живут в морской воде несколько лет, в Мировом океане одновременно плавает около 9000 км<sup>3</sup> пресной воды. Не следует забывать и о Гренландии, которая ежегодно поставляет 10–15 тысяч плавающих льдин.

Идея переброски пресной воды в айсбергах появилась в начале XX века. В 50-х годах американский океанолог и инженер Дж.Айзекс предложил использовать для транспортировки айсбергов попутные холодные течения и мощные морские буксиры. В 70-х годах французский полярный исследователь Поль-Эмиль Виктор разработал проект подобной транспортировки из Антарктиды к берегам Саудовской Аравии. Эта страна даже создала международную компанию по доставке айсбергов. В США аналогичные проекты разрабатывала такая мощная организация, как «Рэнд корпорэйшн». Проблемой заинтересовались в Европе и Австралии.

Уже разработано немало проектов по снабжению крупных регионов водой из антарктических айсбергов, но до сих пор ни один из них не был признан рентабельным. Их трудно буксировать судами, а ледяная крошка будет быстро таять.

Пока считается, что для перевозки лучше всего подходят средние по размерам столовые айсберги (1 км длиной, 600 м шириной и 300 м высотой), заключающие в себе 200–250 млн. м<sup>3</sup> пресной воды. Такие льдины можно соединить в целые караваны. По расчетам, буксиры смогут тянуть их со скоростью 2 узла, или 3,5 км/ч. Это означает, что путь, например, от Антарктиды до Калифорнии займет около года. Для уменьшения таяния айсберг нужно покрыть защитной пленкой, а в месте назначения расчленить на более мелкие части. В общих чертах разработаны и основные маршруты транспортировки этих замороженных резервуаров воды (рис. 5).

Однако нужно еще оценить, какое влияние может оказать айсберг или



караван ледяных глыб на микроклимат района доставки, на морскую фауну и флору тропиков. Важно учесть, что айсберги будут охлаждать и опреснять воду и таким образом могут погубить немало разнообразных существ. Кроме того, ледяные горы будут плыть в облаке тумана, что тоже не всегда хорошо.

## Вода на буксире

Отечественные гляциологи не остались в стороне от разработки этой проблемы. Сотрудники Института географии РАН не только проделали расчеты, но и провели испытания с микроайсбергами размером 1,5x5x10 м (на два-три порядка меньше настоящих). Такие льдины подбирали в 1980-х годах на Большом Ходатинском озере на Полярном Урале и прицепляли к катеру в двадцать лошадиных сил. Испытания проходили при разных температурах воды в озере, использовались данные из лаборатории, перерасчеты велись по самым современным критериям. Результаты получались неутешительными: при транспортировке айсберг может растаять в пути без остатка. Подводная часть очень уязвима, а у ватерлинии таяние оказывается еще в два-три раза более интенсивным. Пробовали теплоизолировать микроайсберг брезентом — это уменьшало скорость таяния на порядок, но радикального улучшения не давало.

Сами исследователи признают: их расчеты еще нуждаются в перепроверках. И все же авторы этой работы, представив их на научном семинаре в Институте географии, не удержались и прикинули, как может происходить транспортировка айсбергов для водохозяйственных целей. Средний айсберг (10x10x0,5 км) будет плыть от Антарктиды до Австралии примерно 173 дня. На расстоянии 3000 км температура воды на поверхности океана изменится от  $-1$  до  $+21^{\circ}\text{C}$ , составляя в среднем  $+10^{\circ}\text{C}$ , а у подошвы айсберга, то есть на глубине 0,4 км, —  $+5^{\circ}\text{C}$ . Среднюю скорость таяния айсберга снизу определили в  $68 \text{ г/см}^2$ , или 130 м льда за время транспортировки. При этом не берутся в расчет вол-

нение и различные струйные течения, в действительности еще больше ускоряющие таяние. Согласно перерасчетам с этими допущениями у ватерлинии стает 260 м льда. На поверхности таяние за это время не превысит 20 м, то есть ледяная гора все же сохранится. А вот на маршруте Антарктида—Аравия схожий айсберг без специальных теплоизоляционных укрытий полностью растает в пути.

Эти расчеты подтверждаются и наблюдениями над настоящими ледовыми объектами. Американские ученые провели в мае-июне аэрофотографические измерения айсберга в водах Ньюфаундленда. За 25 дней при температуре воды в поверхностном слое  $+4^{\circ}\text{C}$  его площадь уменьшилась почти вдвое — со 190 до 109 тыс.  $\text{м}^2$ .

Всесторонне изучить процесс таяния льдин не так-то просто. Лед тает по-разному в стоячем озере, на стрежне или у берегов на реке, при заторах и зажорах. А в океане при волнобойных и струйных эффектах рассчитать теплообмен и того сложнее.

И тем не менее гляциологи остаются оптимистами — при растущем могуществе техники человечество решит задачу использования айсберговой пресной воды.

## Проект «Живая вода»

Свое решение этой проблемы предложил изобретатель из Дагестана Гамид Юсупович Халидов. Его проект «Новые технологии получения питьевой воды и охлажденного воздуха из высокоширотных льдов» (другое название — «Живая вода») уже одобрила РИНКЦЭ (государственная экспертиза Министерства науки и технологий). Проект оценили международные специалисты.

Что предлагается сделать? Вначале резать лед на месте ледорезами и в виде многотысячетонных брусов спускать на воду. Затем грузить эти куски в трюм судна оригинальной конструкции — тримарана-ледовоза, буксировать в порт назначения и разгружать в специальный ледоприемник, где солнце и теплый воздух превратят лед в талую воду. Охлажденный воздух тоже пригодится — например, чтобы со-

здать комфортный микроклимат в местах проведения хаджа в Саудовской Аравии. Если заполнить ледоприемник в порту Джидда кусками айсберга, то прохладный воздух можно будет подавать по изолированным подземным трубам в окрестности Мекки, где он поступит в помещения и палатки паломников. Туда же будет поставляться и живительная влага, растопленная изо льда и расфасованная.

Чтобы не было порожних рейсов, на обратном пути ледовозы можно загрузить. Для этого Халидов предлагает упаковать грузы в барконы (от слов «баржа» и «контейнер») — плавающие контейнеры, пригодные для размещения в трюме тримарана. Барконы подойдут для перевозки всех видов грузов: нефти, сжиженного газа, контейнеров, сыпучих материалов, леса. Себестоимость одного литра полученной изо льда воды по расчету составит 1–2 цента США.

Экологам не стоит беспокоиться о растрате льда Антарктиды, Гренландии или Аляски. Если для одного миллиарда нуждающихся в воде людей принять за норму на питье и пищу 2,5 литра в день, то в год им потребуется один миллиард тонн льда. Это всего один куб. км льда. Для сравнения: в одном только шельфовом леднике Эймери в Антарктиде заключено около 20 тыс.  $\text{км}^3$  льда. А объемы тающих и растворяющихся в морской воде айсбергов и льдин настолько велики, что практически не поддаются учету. Правда, если их придется рассматривать как ресурсы холода, то предстоит иная бухгалтерия.

### Что еще можно прочитать о ледниках и айсбергах Антарктиды

В.М.Котляков. Наука. Общество. Окружающая среда. М.: Наука, 1997.

В.М.Котляков. Мир снега и льда. М.: Наука, 1994.

О проектах «Живая вода» и «Хадж XXI века» можно прочитать на сайте <http://www.dagtech.ru/>



# Колыбель аполлона

А.В. Сочивко



Горы и равнины Голарктики населены изысканными бабочками аполлонами из повсеместно распространенного семейства парусников – самых, пожалуй, эффектных представителей отряда чешуекрылых. Но только немногие аполлоны могут попасться на глаза случайному наблюдателю: в основном это обитатели высот, да и то далеко не всех. Чем выше поднимаются горы, тем заметнее дробление общего ареала вида на отдельные популяции. Здесь не только царство снега и льда на критических высотах сдерживает инстинктивное стремление животных и растений к распространению, но и жаркое бесплодие долин становится подчас непреодолимым препятствием для тех видов, которые когда-то, в доисторические времена, начинали свой эволюционный путь на равнинах, превратившихся позднее в горные системы.

Как известно, в природе всё взаимосвязано. Изменение облика планеты заставляет приспособливаться к переменам. В макромире в борьбе за выживание, без сомнения, первенство держат растения. За ними тянутся животные. Образовавшиеся сообщества бывают неповторимыми, уникальными. Члены таких сообществ десятки, а то и сотни тысяч лет приноравливаются друг к другу, и в какой-то момент (конечно, моментом это можно назвать только в исторических масштабах) обособившиеся популяции начинают приобретать более или менее заметные черты новой расы. Обнаружить такие жемчужины живого мира — всегда радость, и именно в эти моменты чувствуешь творческую силу Природы, украшающей наш мир образцами совершенства и изящества. Об одной такой находке и пойдет речь в этом рассказе.

Наступил июль 2004 года. Наша маленькая группа отправилась в самый юго-восточный угол Киргизии, на стык границ с Китаем и Таджикистаном, изучать фауну бабочек этого интереснейшего района. Нас трое: доктор химических наук Леонид Каабак, математик Виктор Лесин и автор этих строк. Все — неутомимые путешественники, любители природы, страстные поклонники этого горного края. Чем же он так интересен для нас?

Последние десять лет мы каждый сезон работали в Таджикистане на Восточном Памире и попутно посещали разные места в Киргизии, так что не могли жаловаться на недостаток впечатлений и открытий. Эти горы стали для нас родными, и мы словно чувствовали пульс их жизни. Находки, иногда неожиданные, а иногда и предвосхищенные, становились результатом каждой экспедиции.

Особый интерес у нас возник именно к аполлонам, обитающим на суровом восточнопамирском плато, где даже долины находятся на высоте не менее 3500 м над уровнем моря. За последние два десятилетия стараниями членов нашей группы пополнились сведения о распространении одной из самых крупных и красивых бабочек — аполлона Чарльтона. (Так назвал его в 1853 году английский энтомолог Грэй в честь офицера британской армии майора Чарльтона, корпус которого в середине XIX века производил рекогносцировку североиндийской провинции Кумаон.) Житель скальных вершин и привершинных осыпей, аполлон пришел сюда с юга, из гор Гиндукуша и Каракорума. Там находится центр образования этого вида. Ветви его ареала тянутся отсюда далеко на северо-запад — на таджикский Памир,

*На этих невзрачных кустиках хохлатки живут и питаются гусеницы аполлона*

в Алай и даже Западный Гиссар. Это мощное когда-то северное крыло прослеживается сегодня лишь по редкому пунктиру изолированных популяций, каждая из которых преподносит исследователю свои сюрпризы.

В своих поисках последних лет мы часто следовали за дымчато-зелеными кустиками хохлаток (*Coridalya*) — на этих растениях развивается гусеница аполлона Чарльтона. Непредсказуемость распространения хохлаток и труднообъяснимый двухлетний цикл вылета бабочек порождали своего рода игру, призом в которой могла стать новая, удивительная находка. Так в 2000 году на Восточном Памире мы обнаружили очень своеобразную популяцию аполлона автократора (*Parnassius autocrator*). Однако случалось и по-другому: за находкой бабочки следовали многолетние поиски растения, которым питается гусеница, но загадка жизнеспособности популяции так и не была решена окончательно. Так было с аполлоном Чарльтона из района прекрасного восточнопамирского озера Дункельдык, который впервые был пойман в 1994 году и получил от нас название «таинственный». Так появился у этой бабочки 19-й подвид — *Parnassius charltonius mistericus*. Он облюбовал для себя небольшую территорию в несколько квадратных кило-



Алайская  
панорама.  
Долина Кызылсу  
у слияния с Коксу



Рождение бабочки

метров на самой границе Таджикистана и Китая. До ближайшей известной популяции чарльтониуса на севере около 200 километров и еще столько же до следующей. Это очень много, поэтому можно предположить, что в этой загадочной цепи имеются не открытые пока связующие звенья. Но горы так грандиозны и неохватны, что невозможно изучить каждый километр. Приходится придумывать сценарий исследования. Тут на помощь приходит воображение вместе с опытом и интуицией.

В 2002 году нас вынудили свернуть работы на Памире: самоопределение Таджикской республики выразилось и в том, что российских энтомологов изгнали из этого государства. «Мы сами будем ловить наших бабочек», — сказал академик-орнитолог Абдусаламов. Что ж, пришлось отступить, перемещаться в дружественную Киргизию. Волей-неволей мы оказались у северной границы ареала нашего аполлона. Здесь, на северном макросклоне величественного За-

айского хребта, в четные годы летает другой его подвид, названный в честь одного из крупнейших энтомологов конца XIX — начала XX века, великого князя Николая Михайловича, — чарльтониус Романова (*Parnassius charltonius romanovi*). Это звучное имя дал бабочке знаменитый русский путешественник, географ и этнолог Григорий Грум-Гржимайло, чей экспедиционный отряд прошел здесь в 1884 году. С тех пор благодатное урочище Арам-Кунгей на правобережье реки Алтын-Дары, отличающееся необыкновенным разнообразием фауны бабочек, стало местом паломничества энтомологов разных стран.

Отсюда, если подняться к ближайшим вершинам, открывается вид на широкую Алайскую долину, разграничившую два грандиозных хребта — Алайский и Заалайский. На западе она уходит в Таджикистан, на востоке, поднявшись до 3000 м, ниспадает к Китаю, до которого рукой подать. В районе поселка Нура могучие хребты сходятся особен-

но близко: вот он, шанс для взаимопроникновения фаун! Перед глазами весь узел, сложенный красочными лоскутками разнородных ландшафтов. Округлые предгорья Алая контрастируют с колючим ледяным гребнем Заалая, многоплановая россыпь низких хребтов на востоке сменяется колоссальной Кашгарской равниной; красная заалайская река Аксу, прорезавшая глубокий каньон в древней долинной морене, встречается с кристально-прозрачными зеленоватыми водами алайской Коксу, и слияние двух контрастных цветов словно поглощает мысли о единстве противоположностей в этом мире.

Мои товарищи и раньше заглядывали в эти места, но поиски аполлона Чарльтона не давали результатов. Однако в этот раз наша схема поиска снова работала, причем самым удивительным образом.

Итак, в середине июля 2004 года мы направлялись по уже известному маршруту под ледяные вершины Заалая в ок-





## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

рестностях поселка Нура. Устроив базу на погранзаставе, мы погрузили рюкзаки в «уазик» и закрутились по долинному серпантину. Для меня место было новым, и я смотрел по сторонам во все глаза. Правда, смотреть было особо не на что: дорога прорублена в мрачно-ватой морене, образовавшейся при движении гигантского древнего ледника, который завалил долину стометровым слоем глиноземов вперемешку с булыжником. Но вот мое внимание привлекли растения на отвалах дороги.

По моей просьбе водитель остановился, и я подошел к невысоким кустикам сизовато-зеленого цвета. Да, это хохлатка! Но как она оказалась в этом уютном месте?! И вид у нее какой-то нездешний, не доводилось такую встречать. Цветков на растениях почти не видно, и издалека ее не отличить от местной полыни. Задерживать машину нельзя, и я быстро осматриваю ближайшие камни. Так и есть, вот они, прошлогодние скорлупки крошечных яиц! Они



еле заметны, почти рассыпались, но для привычного глаза этого достаточно.

Пораженный открытием, я сажусь в машину в задумчивости. Едва сделав находку, мы уезжаем от нее! Впрочем, сейчас бабочек все равно быть не может. Яркое солнце заливает окрестности, но срок для нашего аполлона еще не подо-

шел — лишь через неделю могут появиться первые самцы-разведчики. Биологические закономерности нерушимы, и только жестокие природные катаклизмы могут внести некоторые коррективы в расписание жизни аполлона. Но сейчас мы даже не можем быть уверены, что имеем дело с аполлоном Чарльтона!



Мелькнула мысль, не добрался ли сюда обитатель Памира и Афганистана аполлон автократор, но это было бы совершенной фантастикой. Тем более что высота этого места над уровнем моря достигает всего лишь 2800 м, а это на 600–800 м ниже мест обитания этого вида.

Мы не были готовы к смене плана экспедиции. Добрались до места, поставили палатку в роскошных альпийских лугах, под вековыми снегами. Вокруг сказка, рай земной, а приложить энтомологический энтузиазм практически не к чему. Местами росло великое множество цветущей, ярко-желтой хохлатки Горчакова, излюбленного лакомства для гусеницы чарльтониуса Романова, но бабочек не было видно. Не удавалось обнаружить и их следов: тщетно я искал гусениц, не встретил и намеков на кладки яиц. Множество пауков под камнями практически не оставляло бабочкам шансов на выживание. Ледяная стена Заалай дышала холодом, и жаркое лето здесь так и не наступило.

Через две недели, в начале августа, мы вернулись на погранзаставу. До отлета в Москву оставалась еще неделя, но проблемы с транспортом и неблизкий путь до города Ош заставляли подстраховаться. Договорились с пограничниками о попутке и побежали на загадочное место. Убедившись, что бабочек по-прежнему нет, решили, что наш зверь летает по нечетным годам — очередная странность, ведь ближайший сосед, чарльтониус Романова, в эти годы напрочь отсутствует. Начали перебирать камни в районе зарослей хохлатки. Вско-

ре я нашел остатки прошлогодних куколок, а затем и первую живую куколку. Вот она, победа! Значит, остальное — дело времени.

Полдня работы принесли свои плоды. Шесть куколок и одну взрослую, готовую окуклиться гусеницу с великими предосторожностями уложили в коробочки перед дальней дорогой. Сделали необходимую съемку, собрали образцы растений для определения. Я наскоро обошел ближайшие окрестности и с удивлением отметил, что странной хохлатки нигде больше не видно: она занимает меньше гектара, включая само полотно дороги! Неудивительно, что до сих пор все проскакивали мимо этого чуда.

Перед уходом мы окинули взглядом нашу неприглядную с виду сокровищницу: теперь стало совершенно ясно, куда мы отправимся на следующий год. Вот только беспокоило то обстоятельство, что к нашему месту быстро приближалась армия китайских дорожных рабочих с мощной строительной техникой. Последствия благоустройства дороги для нашего загадочного аполлона могут быть катастрофичны...

**П**ервая бабочка неожиданно для всех вывелась в середине сентября. Не готовясь к этому внезапному событию, я едва не лишился первого, самого желанного экспоната. Бабочка чудом расправила крылья в тесной, темной коробке, в которой куколки должны были провести всю зиму. Это была не крупная самочка... чарльтониуса! Известие поразило всех,

хотя такого результата и ждали. Было в ее облике нечто особенное, позволяющее выделить бабочку среди других чарльтониусов, но по одному экземпляру обычно не делаются окончательные выводы.

Пришла зима, оставшиеся куколки (в том числе и самая крупная, будущая самка, в которую оформилась единственная найденная гусеница) отправились на зимовку в лоджию. Холодная диапауза необходима большинству бабочек умеренных и северных широт — это приспособление к долгой зиме.

Однажды, рассказывая о нашей находке своему коллеге по увлечению, я услышал от него невероятную новость: наш аполлон за год до нас был найден экспедицией новосибирского энтомолога В. Дубатолова в этом же самом месте и описан под названием энигма — *Parnassius charltonius aenigma* — «загадочный»! В такое совпадение верилось с трудом, но полученный оттиск статьи с первоописанием развеял сомнения. На фотографиях были знакомые склоны с хохлаткой, а экземпляры собранных бабочек демонстрировали очевидные отличия от всех известных чарльтониусов.

В первой половине апреля мои куколки снова оказались в тепле. Теперь я зорко следил за ними, боясь пропустить момент готовности бабочек к выведению. Этот и сам по себе таинственный процесс у многих видов высокогорных бабочек не наблюдался никогда. Мои наблюдения, зафиксированные на фото- и видеопленку, могли стать уникальными.

Уже давно отсняты покоящиеся в ватных колыбельках недвижные темно-коричневые куколки. Недели две с ними не происходило никаких видимых изменений, но вот однажды сквозь покровы одной куколки стали проступать еле заметные очертания. Еще через три-четыре дня уже без труда можно было разглядеть контрастный рисунок крыльев, уложенных вдоль тела. Под тонким хитином лежала почти сформировавшаяся бабочка. Почти одновременно преобразились и другие куколки; лишь крупная самка как наиболее ценное и продуктивное создание выжидала своего особого часа.

Ко второму мая напряжение достигло предела. Вся техника была нацелена на маленькую композицию из камней с соответствующим фоном, создающим эффект природной обстановки. Мне хотелось симитировать естественную среду обитания аполлона Чарльтона, ведь подглядывать весь этот процесс на натуре невозможно. Куколки теперь походили на слегка спеленутых желтоватой кисеей бабочек. Их темные глаза уже видели окружающий мир, но ножки и усики оставались плотно прижатыми к телу.

Дневные бабочки рождаются утром — это логично, ведь им надо окрепнуть и,



согревшись в солнечном тепле, набрать энергию для скорейшего полета. Все самые важные события в жизни бабочек случаются в первые же часы их вольного существования. Поэтому с восьми часов я уже вел непрерывную видеосъемку и держал палец на кнопке фотокамеры. Тонкость заключается в том, что бабочка выскакивает из оболочки куколки с удивительной прытью, без всяких предупреждений, и достаточно на секунду отвернуться, чтобы пропустить этот долгожданный момент.

Но время шло, а ничего не происходило. Солнце скрылось за домом, праздник явно переносился на завтра. Вечером, проверив точность наведения установленных на штативы камер, решаю встать пораньше.

В половине седьмого в комнате уже было светло. Я хотел поваляться еще минут пять, как вдруг заметил — о, ужас! — перемены в моей композиции. Я подскочил в полном смятении: одна из двух лежавших на камне куколок исчезла, вместо другой лежали искореженные хитиновые остатки. В следующий момент я заметил сидевшую на соседнем камне взрослую белоснежную самку со сложными крыльями. Жаль, конечно, пропущенного зрелища, но куда делась вторая бабочка? Я спешно осматривал стол и окружающее пространство и не сразу обнаружил живого-здорового самца в другом углу моей диорамы. Его крылья тоже идеально расправились. Торопиться было уже некуда. Мысли ворочались тяжело. Во сколько же надо было вставать? Выросшие, но еще сложенные за спиной наполовину просохшие крылья — это предпоследняя стадия процесса. Обычно у крупных бабочек на это уходит 30–40 минут. Значит, в шесть часов!

Прекрасная пара, конечно, удостоилась долгой и тщательной съемки. Их крылья окрепли примерно через час, и они позировали во всем своем великолепии. Бросалось в глаза, насколько ярок и контрастен был их рисунок. Своеобразный же рисунок нижней стороны крыльев с почти треугольным пятном в центре заднего крыла явно отличал энигму от других чарльтониусов.

Задача заснять таинство рождения энигмы приобретала все большее значение. Покровы очередной куколки буквально трещали по швам, и это был новый шанс. Однако история повторилась почти точно по прежнему сценарию. В течение всего следующего дня томительное дежурство было напрасным. Тщетно я напрягал зрение, пытаясь отследить хоть какое-то движение под прозрачными покровами куколки. А рано утром пятого мая меня разбудил характерный треск: еще не было и шести, как бабочка сбросила с себя лопнувшую оболочку. Боже мой, за что же такое испытание?! Драгоценные секунды снова потеряны...

А дальше возникла пауза на целых десять дней. Только к 15 мая окончательно созрела последняя, самая крупная куколка. Что и говорить, я сделал все, чтобы не пропустить момент ее рождения. Солнце еще не полностью показалось из-за дальних домов, а видеокамера уже работала в режиме непрерывной съемки. Чистое и теплое весеннее утро породило радостное птичье многоголосье за окном, и, хотя живительные лучи еще не дотянулись до моей съемочной площадки, бабочка не могла не чувствовать этот настойчивый зов природы.

Еле заметное первое движение не скрылось от меня. Или показалось? Нет! Через несколько секунд швы хитинового чехла стали беззвучно расходиться. Толкаясь головой, бабочка высвободила ножки и усики. Лицевой щиток куколки, словно вырезанный по трафарету, отвалился. Теперь бабочка спешно помогала себе маленькими крылышками. Но я предусмотрительно положил куколку на спину, чтобы резвая новорожденная не сразу исчезла из кадра, и это позволило сделать несколько дополнительных снимков. Злоупотреблять этим ни в коем случае нельзя, иначе дальнейшее развитие бабочки может пойти с непоправимыми нарушениями. В природе куколка обычно лежит под камнем в тонком плотном коконе с замаскированным выходом со стороны головы. Гусеница заботится о своей будущей крылатой жизни и прикрепляет кокон так, чтобы вылезти из него на удобную для отращивания крыльев поверхность. Как только бабочка принимает удобное вертикальное положение, накопившаяся в брюшке лимфа начинает подаваться в эластичные сосуды крыловых пластин, и они растут прямо на глазах. Если же в течение десяти минут бабочке не удастся завершить эти приготовления, сосуды закупориваются и крылья остаются в зародышевом состоянии.

Так что я помог новорожденной перевернуться, и она, скинув с себя последние оковы, быстро полезла на подставленный камень. Чудесный процесс роста крыльев наблюдали и описывали много раз, но от этого он не становится привычнее. У разных мелких бабочек он может занимать всего две-три минуты, у крупных, как уже говорилось, намного дольше, и это зрелище необыкновенно

эффектное. Загадочное преобразование и причудливые деформации, сопровождающие процесс стремительного воссоздания роскошно убранных крыльев из крошечных, смешных отростков, повергают в трепет даже опытных наблюдателей-натуралистов.

В эти минуты будущая пугливая красавица игнорирует всяческую суету вокруг себя. Ее неподвижность — единственная защита в естественных условиях. Она позволяет себе лишь редкие плавные покачивания, помогающие движению лимфы по жилкам. Однако на прикосновение бабочка уже реагирует как взрослый аполлон: резко растопыривает крылья, демонстрируя отпугивающие ярко-красные элементы рисунка. Тысячи чешуек, создающих наряд ее крыльев, растут одновременно и приобретают уникальную форму, отличающую этот вид от другого. Если б не генетически обусловленное постоянство рисунка, это явление можно было бы сравнить с ростом снежинок или морозного узора на стекле. Конечно, каждая бабочка как особь обладает набором мелких отклонений от генетического «стандарта», и это делает работу исследователя и коллекционера бесконечно увлекательной. Ведь эти формы и есть моментальные снимки эволюционного процесса, в котором участвует все живое, и мы в том числе!

Расправленные крылья постепенно подсыхают. Напряжение полета они выдержат только через час-полтора. Самые зрелищные кадры удается сделать именно в этот промежуток времени. Наконец-то серия завершена. Сейчас в родных местах энигмы еще лежит снег, а у меня дома уже наступило горное лето! Продолжить начатые исследования загадочного аполлона просто необходимо, и поэтому наши рюкзаки скоро снова распухнут от привычного походного снаряжения и наполнятся странными коробочками и баночками.

И все же я думаю, что именно неземная красота бабочки не отпускает нас от себя! Тот, кто видел величаво парящего вдоль скал аполлона Чарльтона, никогда не сможет этого забыть.



# Пятна



Художник Е. Станикова

— Вот здесь.

Водитель изображает небрежный кивок. Едва слышимый свист отъезжающей дверцы судорогой сводит лицо, и я неловко вываливаюсь из мобиля.

В затылке привычно ноет, отчего воздух отдает кислым. Пульсация удручает однообразием: полсекунды — всплеск боли и секунда блаженного покоя.

Большое пятно. Мощное.

Теперь мягкий щелчок; это водитель за моей спиной раскла-

дывает планшет. Он давно привык к странностям работы: беспрерывному хаотическому кружению над кварталами, внезапным остановкам и долгому ожиданию. У него красная шея с поперечной складкой и редкие белесые волосы. Я никогда не смотрел ему в лицо.

Прежний косился на меня, как на опасного сумасшедшего, и всегда переспрашивал, когда я требовал остановиться. Этот похож на биоробота, и непонятно, что хуже. При езде он включает музыку, от которой у меня дергается веко,



а когда мы останавливаемся, решает бесконечные японские кроссворды, где мешанина цветных квадратиков лепится в странную мозаику. Я ни разу не видел, чтобы он разгадал картинку до конца.

Иногда мне кажется: вот-вот увижу пятно воочию, как заштрихованные клеточки в кроссворде. Увы. Все, что мне дано, — это боль, пульсирующая в такт неслышимой мне музыке озарений. Полсекунды маленького ада, затем секунда кажущегося облегчения. И так восемь лет.

И девяносто семь пятен, между прочим...

Обхожу по периметру. На границе мозг будто выворачивается наизнанку. Дикое ощущение, но после ноющей боли — что-то, несомненно, приятное. Пульсация снаружи, странное подвисяние на грани и ровный болевой фон внутри — вот весь набор моих инструментов. Ну и приборчик, фиксирующий координаты. Точность — полметра.

Уши закладывает, как в скоростном лифте, — значит, пятно типа «табула раза». Смагиваю слезы, щурюсь на пожелтые травинки, льнущие к ботинкам, делаю еще шаг, еще. Интересно, что построит здесь «Брайнворлд»? Очередной исследовательский комплекс или школу для вундеркиндов?

Выжатый досуха, на трясущихся ногах возвращаюсь к прозрачной капле мобилы:

— Домой!

Водитель складывает планшет. Хочется рассказать ему, как мне плохо, все хуже и хуже, я устал, потому что мне уже много лет и пятна выедают меня изнутри. Но его затылок вежливо-равнодушен, и я молчу.

Боль отпускает сразу, стоит отъехать метров на пятьсот. И кажется, я уже засыпаю.

Это только потом понимаешь: ты был счастлив.

Да, именно был — то есть в прошедшем времени. Была жена, преуспевающая в жизни; была дочь Дениза, неожиданно превратившаяся из костлявой девчонки с зелеными дредами в самоуверенную молодую женщину, которая снисходительно поглядывает на недотепу-отца. Я с удивлением обнаружил, что она окончила университет, теперь — подающий надежды химик, и ее жалованье раз в пять превышает мое.

Еще была работа в автомастерской, но это как-то скользило мимо сознания. Была пара приятелей, вечера с дешевым вином и шоу по визору; были книжки в бумажных обложках и белые цветы, выросшие прямо у тротуара.

И были частые головные боли, с которыми не могли справиться выписанные мне анальгетики. Просто вдруг начинал пульсировать нить затылок, словно в нем завелся кариесный зуб. Боль могла настигнуть, когда я летел в аэролайне, ехал на машине или шел пешком, но никогда — дома или на работе.

Я к ней привык, как привыкают к отсутствию пальца или глухоте: иногда раздражает, но в целом терпимо. Но однажды Тель затащил меня в ту забегаловку...

Тель. Он работал в шоу-студии: мелкая сошка — подай, принеси. Познакомились мы с ним странно: пьяный Тель стоял

посреди улицы и читал стихи. Прохожие смеялись, а он думал, что это проявление симпатии, и весь лучился им навстречу. Всегда был идеалистом.

Я довел его до дома и уложил отсыпаться на продавленный диван. Через два дня он затащил меня в кафе — отблагодарить. Юлиус Тель, так его звали; он всегда торопился отблагодарить тебя еще раньше, чем ты успевал ему что-то сделать. А кафе называлось «Вишня», и я до сих пор помню коричневую вывеску с обугленным краем: то ли вандалы постарались, то ли сам хозяин для пущей оригинальности.

Еще на подходе меня начала мучить головная боль. А прямо перед столиком я в первый раз ощутил это чувство: будто голова раздувается, как воздушный шар, и мозги — куда-то в космос. Тель потом говорил, что я побелел, застыл с разинутым ртом и упал.

Теперь уже ему вести пришлось меня до дома. Ну я ему и рассказал про эти головные боли, когда в себя пришел и выпил коньяку.

А на следующий день он приходит радостный.

— Знаешь, — говорит, — мне пришла в голову интересная идея...

Мы с ним ходили по городу и искали пятна. Нашли три штуки, в одном я опять чуть не отключился, Тель меня вытащил. Это после я привык, приспособился, что ли.

Потом он мне рассказывал, будто бы в пятнах я напрямую подключаюсь к... божественной сущности, вроде как-то так. Тель ее называл «структура мирового разума». И если меня в таких местах держать, то я могу сделать великое открытие.

Только все оказалось наоборот. Открытия делали другие, а я эти пятна лишь чуял.

Думаю, Тель заблуждался. Дело не в мировом разуме — просто в пятнах мозги начинают работать по-другому. Например, Телю, когда он в пятне, приходили идеи для его книжек. Да, он книжки писать начал, и тоже все про божественную сущность. Как, скажем, герой со сломанными ногами попадает на скалистый остров и там познает себя, а потом ему открывается мировой разум. А другие люди сочиняли шуточки для газет, песенки всякие дурацкие для девчонок с вертлявыми попками. Или правда открытия делали, но это уже потом было, позже. А пока Тель сказал:

— Старик, на этом ты можешь заработать хорошие деньги!

Я только посмеялся. В тот год по визору как раз показывали шоу предсказателя из Лиона — забыл, как его звали. Наверное, поэтому и решил, что Тель имеет в виду выступления, спектакли. Но он имел в виду «Брайнворлд».

Теперь я думаю: что, если бы Тель оказался не так благодарен и не так щедр? Если бы он потихоньку пользовался моим даром и не стремился устраивать мои дела? По визору его, правда, не показывали, но книжки в мягких обложках с его фамилией продавали в каждом магазине, и, насколько я знаю, он оставил сыновьям неплохое наследство.

Через три года Тель погиб. Попал в аварию на собственном аэролайне; говорили, был пьян вдребезги и что-то кричал про обрезанные крылья. А перед тем...

Перед тем он меня уговорил-таки. Как раз пришло ваше письмо — на индивидуальной планшете, все в печатях; хотелось вымыть руки, прежде чем идентифицироваться. Тель сказал:

— Старик, ты открываешь человечеству новый век. Представляешь, каждый сможет сделать открытие! То, что я пишу, — ерунда, чушь, но ты только вообрази миллионы гениальных художников, изобретателей, артистов. Лет через десять мы сможем жить вечно!

Он был добрый малый, Тель.

Здание «Брайнворлда», отливая сталью, торчало посреди пло-

щади. Вместо швейцара — робот, издевательски одетый в ливрею; охраны нет вовсе, а вместо конторки — во всю стену экран информатора. Мне показалось, я попал внутрь гигантского механизма.

Вы ведь помните, как мы встретились в первый раз, господин Грегориус? Я-то хорошо запомнил и огромный кабинет, в котором окна с видом на облака, и этот ваш живой ковер с моргающими глазами — мне было бы жутко наступить на них, а вы ходили прямо по разноцветным радужкам. Ну и ваше жесткое лицо. У меня что-то холодное ворочалось внутри. Некое предчувствие? Нет, я просто робел.

Вы говорили:

— Ваша способность чувствовать места, где гипертрофируется подсознательная функция мозга, довольно интересна. Вы не будете возражать, если мы проведем несколько экспериментов?..

Тогда всего за неделю мы зафиксировали шесть пятен, пока я не попал в больницу с нервным истощением. Пятна меня высасали, заразы! Я же их собственным нутром обнаруживаю. Это уже после вы тщательно следили, чтоб я не переутомлялся.

Да нет, здорово было: карты составлять и пятна делить по группам, а они, оказывается, тоже разные бывают. В тех, что «табула раза», лучше делать всякие научные открытия, на них ученые хорошо реагируют. А те, что «второй подтип», — это для художников, писателей, шоуменов всяких; их еще иногда называли «лужами» или «помойками», но между собой, чтоб никто не обижался. На чистом планшете внятнее ученые думают, а на замызганном — писатели, так уж по статистике выходило. А в принципе по-всякому бывает. Тель, например, тоже в «табула раза» идеи придумывал.

И я их по-разному чувствую: на первом подтипе уши закладывает, на втором — дрожь пробирает, аж зубы стучат. Даже смешно бывало: надо координаты фиксировать, а руки трясутся — в кнопку не попасть. Я целый год поэтому с ассистентом ездил, только потом полегче стало.

Так приятно было по городу ходить и смотреть на те центры, что «Брайнворлд» открывал в пятнах. Смотришь и думаешь: вот сидят люди, изобретают нужные вещи, а если бы не ты, может быть, им бы и в голову все это не пришло...

Знаете, господин Грегориус, я верю, что вы тоже хотели как лучше. Наверное, такое во мне от Теля, но мне кажется, вы так и видели это «лучше» — открытия, исследовательские центры, которые построили на пятнах. Вы ведь не только ради денег, правда?

Мы с самого начала скрывали, что я ищу пятна. У меня должность была — старший менеджер по территории; понимай как хочешь. Это вы из-за конкурентов, конечно. Целую теорию придумали: дескать, мы специальное поле устанавливаем на здание, поэтому такой высокий кпд творческой деятельности.

А я не возражал. Много ли мне было надо? Я жил один. Иногда Дениза в гости приезжала. Теперь у меня всегда находилось, что на стол поставить, и в доме чисто — приходящая домработница старалась. Иногда хотел дочку про мать спросить, но каждый раз пугался чего-то. Как представлю, что она на меня глянет этак свысока, с ненастоящей улыбочкой... Да нет, она хорошая девочка, моя Дениза. Ей с кавалерами не везло постоянно: они все были с сальными волосами и так скупо цедили слова, будто боялись выпустить изо рта солитера. Наверное, я говорю, как старик, но мне кажется, если мужчина живет на деньги жены, он не должен относиться к ней так брезгливо.

Бедная моя девочка. Я ведь ничего не подозревал!

Я жил себе потихоньку: ездил с водителем по пригородам (это был еще тот, прежний водитель), иногда фиксировал но-

вое пятно и тогда неделю отдыхал, как мне велел врач. «Брайнворлд» строил гигантский развлекательный комплекс, где специальный флигель предназначался всяким художникам и композиторам — для вдохновения. Это пятно было самым крупным в городе.

Дениза иногда позванивала, голос у нее был усталым, но я полагал, что она рассталась с очередным сальным дружкой, и тихо надеялся, что следующий будет попримичнее. Удивительно, как женщины из раза в раз влюбляются в одинаковых — одинаково мерзких мужчин!

— Как ты, пап?

— Работаю... А ты?

— Нормально. Как всегда.

— Ты здорова? Что-то голос уставший.

— Да нет, нормально. Ну ладно, пока.

Вот и весь разговор.

Я ей не говорил, что чую пятна. Я вообще ей о пятнах не говорил... до того. А после было уже поздно и невыносимо стыдно: ведь я, выходит, своими руками ей такое устроил.

Да, не догадывался, хотя мог бы, мог! Ведь знал, что она тоже по науке работает. Правда, думал, она так, всего лишь ассистент или лаборант. Наверное, в это трудно поверить: твой ребенок уже настолько умен, что ты даже не можешь понять, чем он занимается...

Когда позвонили из больницы, я как раз отдыхал — валялся на диване и пялился в потолок. Екнуло только, когда на «ответ» жал. До этого — никакого предчувствия.

Почему в больницах все такого неживого цвета? Почему они так любят холодную белизну и мертвенную синеву — почему не желтый, оранжевый, пусть даже розовый?..

Дениза жалко улыбается мне. Ее лицо среди белых подушек кажется маленьким, словно ей опять десять лет, — сейчас она приложит палец к губам: «Тс-с, только маме не говори, это будет наш секрет». Лучше бы она плакала.

— Папка, — начинает она с обычной снисходительностью, но срывается, и глаза мгновенно наполняются слезами. У меня перехватывает горло.

— Маленькая моя девочка! Что они сделали с тобой?

Дениза мотает головой, глубоко дышит. Да, она всегда старалась быть самостоятельной, сильной. На худой шее пульсирует жилка.

— Папка, я больше не могу думать. Ты не понимаешь? Не понимаешь... Я не могу сосредотачиваться на чем-то, совсем не могу! Проверить счет, письмо написать — да, но когда пытаюсь думать о по-настоящему сложном, то все плывет, голова болит. Работать не могу — падаю в обморок. — Она нервно смеется. — Ужасно.

У нее дрожит нижняя губа. Это невыносимо!

— Они молчат, но нас уже человек тридцать, я слышала. Они говорят, это феномен, новое заболевание: синдром кого-то-там... Только знаешь, я уверена, это все — после того поля в «Витасфере».

У меня в груди пустота.

— В «Витасфере»?

— Я там проработала всего пять недель. Черт, догадаться бы сразу, что такие деньги не за просто так!

— Ты работала в «Витасфере»? В лаборатории «Витасфера»? — Я чувствую, что будто плыву. — Ты мне не говорила.

— Ну какая разница, где я работаю. В этом центре, в том... Они предлагали такие деньги! Перспективы! Лаборатория, знаешь, под этим колпаком, полем вдохновения, — ужасно глупо звучит. Но там действительно здорово работалось, голова такой ясной делалась, легкой! Уставала здорово, но ты не представляешь: такое невероятное ощущение, когда

чувствуешь каждую молекулу и заранее точно знаешь, в каком месте цепочки...

Она теряет мысль, переходит на шепот и продолжает, как в бреду:

— Наверное, они включили слишком большую интенсивность поля. Нет, глупости: это из-за тех психотропных — какой-нибудь не до конца исследованный образец. А сочетание лекарства с полем... — Я с ужасом вижу, как белеет ее лицо. — Папка, они же просто нас уничтожили, понимаешь?..

Мне понятно слишком многое и совсем ничего. Лабораторию «Витасфера» построил «Брайнворлд». Не самое большое пятно, но мощное: я после него дня два приходил в себя. И вот Дениза...

Но так не могло быть, не должно! Пятна несут вдохновение, они не зло. И в этом я боюсь усомниться, потому что Тель сознательно искал в пятнах озарение и погиб, вопя про обретенные крылья. Что я вообще знаю о природе этих самых пятен? Неужели они — род наркотика, дарящего эйфорию созидания, но разрушающего мозг? Или все дело в неведомом препарате, которым подстегивали мозг?

Мы говорили с тобой о прогрессе, Тель. Но я никогда не думал, что на этот алтарь попадет Дениза... Она плачет.

— Сильная моя девочка, умница! — бормочу я. — Наука жестока, и, даже если ученый спасает тысячи жизней, это не перевешивает...

— Жизней? Наука? — Она вдруг хохочет; на лице какая-то циничная гримаса. — Ты думаешь, мы там изобретали лекарство от рака, да? Средство от старости или маразма? Таблетки гениальности?

— Дениза...

— Мы делали, — тут она хихикает, — гормональную подтяжку. Для жирных задниц, понял!

Понял. Понял, что всю жизнь был элементарным идеалистом. Теперь Дениза почти кричит:

— Это, наверное, смешно... должно быть смешно, черт возьми! Мой мозг, как цена за чью-то задницу!

В двери появляется санитар с тревожным лицом. Меня выставляют в коридор, и вслед мне — отчаянный вопль:

— Мы просто расходный материал!..

Улицы мелькают перед глазами. Похоже, я говорю вслух — прохожие шарахаются от меня. Но если замолчать, то, да, не сойти бы с ума. Потому что мне страшно.

Ведь этот всплеск мысли, невероятные разработки в самых разных областях, все, о чем кричит реклама, — сколькими мозгами это оплачено?

Комнату медленно накрывает сумрак. Я долго сижу неподвижно, уставившись в пустой экран информатора. Без горя, без надежды, без мысли...

Когда приходит это сообщение, я заранее знаю, о чем оно.

«Папка, я уезжаю. Конечно, я сама виновата в том, что у меня все вышло так глупо. Слишком много хотела, наверное.

Уеду куда-нибудь подальше, сменю имя, найду дурацкую работу. Буду выращивать кабачки или разрисовывать толстощеких фарфоровых младенцев. Буду смотреть идиотские шоу и научусь готовить. Может быть, замуж выйду. В конце концов, многие вообще не думают, и им это нисколько не мешает в жизни.

Прости, я знаю, ты за меня переживаешь. Но я не дам тебе ни адреса, ни имени... пока. Когда все устроится, придет к какой-нибудь норме, напишу тебе и маме. Не беспокойся за меня.

Пока, Дениза».

Вот так, новое имя, новая жизнь. Мне кажется, я хороню маленькую Денизу. Отважная моя девочка, убегающая на край света за счастьем, так и не узнавшая, что я ее предал!..



Я все смотрел на эти ровные строчки, и постепенно они слились в странный японский кроссворд, где нужно было уловить одну мысль, всего одну, которая объяснит все.

И я ее уловил, уже когда луна мертвенно-бледным краем влезла в окно. Мысль очень простая и дурманящая вседозволенностью: я остался совсем один — и, значит, у меня развязаны руки.

Сидя на унитазе, я грыз пальцы, чтобы не захохотать в голос. Я чувствовал себя раковой клеткой, сознательно уничтожающей организм хозяина. И слышал, как там, за белой дверцей, затихает «Брайнворлд», словно засыпает до завтрашнего утра.

В тесной кабинке я мысленно рассказывал вам, господин Грегориус, свою жизнь, потому что мне хотелось оправдаться. Мне хотелось... и сейчас еще хочется верить: я делал все это ради того самого будущего, когда все будут жить вечно и каждый станет гением.

Но когда я замолкаю, то вспоминаю Денизу...

Мы с вами работали на прогресс, господин Грегориус. Конечно. Вот только это оказался не тот прогресс, о котором мечтал бедняга Тель.

Я стер с сервера «Брайнворлда» все данные о расположении новых пятен. Вы ведь всегда боялись сделать лишнюю копию этой секретнейшей информации. Не забавно ли, что до нее добрались не шпионы конкурентов, а единственный человек, на котором держалась ваша корпорация? Ваша мнительность, господин Грегориус, сыграла мне на руку.

Осталось только уничтожить мемочип — единственную копию. Мне хочется широкого жеста — например, распылить его в молекулярном заборнике или торжественно сжечь на символическом костре. Отправить в огонь восемь лет своей работы и ваши миллиарды.

Второе, несомненно, эффективней, но первое проще.

Может быть, моя способность чутко пятна вдохновения не так редка. Может быть, вскоре вы найдете нового разведчика, и «Брайнворлд» возродится позолоченным фениксом, чтобы снова осчастливливать человечество препаратами для гладкости лица и бездумности наслаждений.

Я мечтаю, чтобы он был не так слеп.

И пусть у него не будет дочери...

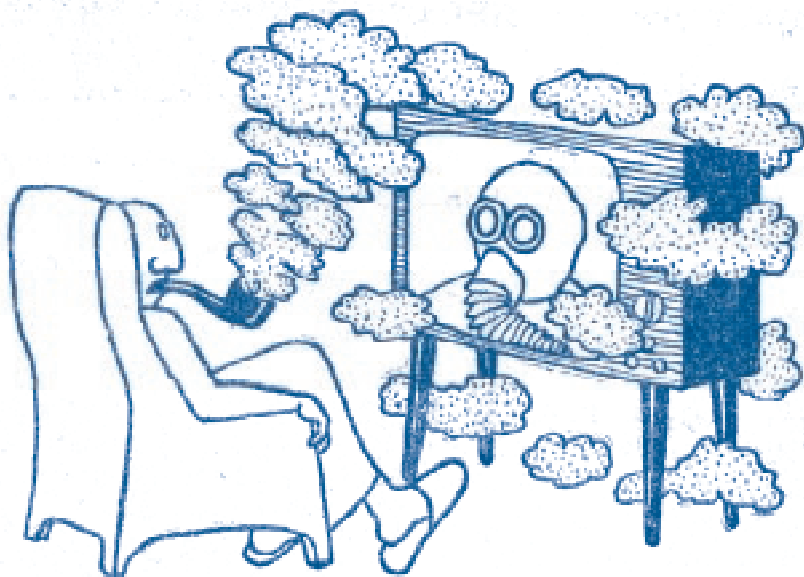
Мемочип отправляется в молекулярный заборник. Я медлю несколько секунд, прежде чем нажать на кнопку: я ведь уничтожаю не только ваши деньги, черт побери, — я уничтожаю восемь лет себя!

Белый кругляш утапливается под пальцем. Я представляю, что смываю с поверхности земли пятна озарений — одно за другим.

Но они, конечно, останутся. Кого-то снова и снова посетит вдохновение — бесплатно.

Я жалею лишь об одном, господин Грегориус. Что сейчас вас нет рядом и вы не видите, как ваше прибыльное будущее разлетается на молекулы.





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Курящие «совы»

Почти каждого из нас можно отнести либо к «жаворонкам» (рано ложится и рано встает), либо к «совам» (ложится и встает поздно). Оценив хронотип более 500 добровольцев, ученые из мюнхенского Университета Людвиг Максимилиана во главе с Тилом Роннебергом выяснили, что среднестатистический человек предпочитает спать с 12.30 ночи до 8.30 утра, хотя самые ранние «жаворонки» поднимаются, когда самые поздние «совы» еще и не думают о сне.

Однако для многих людей их естественный ритм (в значительной мере predetermined генетически) не согласуется с графиком работы. Приспособиться к неподходящему режиму часто помогает яркий дневной свет, но сегодня многие офисные работники его лишены. По мнению Роннеберга, у половины человечества биологические часы не совпадают с распорядком рабочего дня, и это вовсе не пустяк. Например, те, кто страдает от нарушения суточного режима, чаще прибегают к курению (по сообщению агентства «New Scientist» от 30 марта 2006 года).

Исследователи отмечали, в котором часу каждый из испытуемых вставал по рабочим дням и в выходные (предполагалось, что во втором случае человек следует своему биологическому ритму, а не необходимости), затем посчитали разницу. Выяснилось, что среди тех, у кого она составила не более часа, курильщиков всего 10%, а если разница между реальным и желаемым временем пробуждения достигает семи часов — при таком режиме любителями курения становятся уже 70%. Другими словами, сторонниками вредной привычки чаще становятся те, кто рано встает и при этом пребывает в вечном конфликте со своим биологическим ритмом. Надо отметить, что люди с максимальным несовпадением двух ритмов курят не больше среднестатистического курильщика, даже если начинают свой день с сигареты.

Чтобы помочь организму адаптироваться к несвойственному ему режиму, по мнению Роннеберга, необходимо более гибкое учебное и рабочее расписание и яркий свет по утрам. Это, безусловно, непросто организовать, но ведь речь идет о жизни людей: курильщики, как известно, принадлежат к группе риска.

М.Егорова

## Пишут, что...



...примерно 1700 лет назад вблизи центра нашей Галактики взорвалась сверхновая («Astrophysical Journal Letters», 2005, т. 635. № 2, ч.2, с. L141)...

...картографирование Солнца можно вести с помощью радиотелескопов интерферометрической сети («Астрономический вестник», 2006, т.40, № 2, с.187–192)...

...разработан комплекс программ для расчета локальных поглощенных доз излучения в космическом аппарате с учетом его реальной конфигурации; в основе комплекса лежат хорошо известные программные продукты «Excel» и «3D Studio Max 7» («Космические исследования», 2006, т.44, № 2, с.189–192)...

...создана теоретическая модель вращения Земли для высокоточного прогноза движения полюса («Астрономический журнал», 2006, т.83, № 4, с.376–384)...

...предложен лазерный метод диагностики плазменного напыления (продуктов эрозии) на стенках разрядной камеры токамака-реактора ITER («Приборы и техника эксперимента», 2006, № 2, с.144–149)...

...если международные соглашения по ограничению выбросов галогенсодержащих газов будут соблюдаться, то уже к 2020 году содержание озона в атмосфере достигнет уровня 70-х годов XX века и будет продолжать повышаться («Известия РАН. Физика атмосферы и океана», 2006, т.42, № 2, с.191–204)...

...исследование динамики коррупции в России показывает, что в 2005 году по сравнению с 2001-м граждане менее охотно давали взятки, но чиновники чаще их требовали («Информационные ресурсы России», 2005, № 6, с.3–6)...

...«высокобелковая» диета, основанная на активном потреблении мяса, хотя и способствует уменьшению веса, не может считаться полезной для





здоровья («Nature», 2006, т.440, № 7086, с.868)...

...уровень грунтовых вод в Москве ежегодно повышается на 3 см («Экология и промышленность России», 2006, № 3, с.8–12)...

...низкоинтенсивное облучение кожи лазером с длиной волны 570 нм способствует лечению отравления угарным газом, так как отщепляет молекулу СО от гемоглобина крови («Наука и инновации» НАН Беларуси, 2006, № 3 (37), с.19)...

...старение со всеми его характерными признаками появлялось в эволюции млекопитающих несколько раз, независимо в различных группах («Журнал общей биологии», 2006, т.67, № 2, с.107–119)...

...найдена взаимосвязь между электроэнцефалограммами коров и их молочной продуктивностью («Сельскохозяйственная биология», 2006, № 2, с.52–56)...

...при депрессии по сравнению с нормой резко повышена интенсивность гамма-ритма и снижена синхронизация ритмической активности мозга в целом («Журнал высшей нервной деятельности», 2006, № 2, т.56, с.219–227)...

...при эмоционально-положительных состояниях превалирует активность дофаминергической системы мозга, а при эмоционально-отрицательных — активность серотонинергической системы, причем на их соотношение влияет множество факторов («Нейрохимия», 2006, т.23, № 1, с.19–23)...

...культуры строго анаэробных бактерий для нужд биотехнологии можно хранить в 25%-ном растворе глицерина при  $-70^{\circ}\text{C}$  до трех лет («Прикладная биохимия и микробиология», 2006, т.42, № 2, с.200–203)...

...в Техасе появились на свет пять жеребят — клонов чемпиона ковбойских состязаний («New Scientist», 2006, № 2545)...



## Раскрутка крутого яйца

Японские исследователи документально зафиксировали: правильно раскрученное вареное яйцо умеет прыгать. На это потребовалось два года работы — японцы создали специальное устройство для запуска, оснащенное высокоскоростной камерой, микрофонами и электрическими сенсорами, а также опытный образец яйца, выполненный из металла.

Четыре года назад сотрудники японского университета Кейо и Кембриджского университета доказали, что, если особым способом раскрутить лежащее на боку крутое яйцо, оно встанет вертикально. Тогда же было высказано предположение, что силы, заставляющие объект эксперимента принять стоячее положение, могут вынудить его несколько раз подпрыгнуть.

Однако увидеть это невооруженным глазом, увы, невозможно: высота прыжка всего десятая доля миллиметра, продолжительность — сотые доли секунды (по сообщению агентства «News Nature» от 12 апреля 2006 г.).

Для запуска объекта разработали специальное устройство, поскольку необходимая скорость вращения должна составлять 1800 оборотов в минуту. Во избежание в лаборатории лишней грязи пришлось отказаться от яйца, сваренного в кастрюльке, и создать металлический аналог. Его поместили на хорошо отполированную медную пластину и задали вращение. Прыжки регистрировали тремя способами. Во-первых, пучок света направляли на место соприкосновения яйца с поверхностью, дабы зафиксировать момент отрыва. Во-вторых, чувствительные микрофоны улавливали издаваемые им звуки, в частности удары о пластину в момент приземления, и, в-третьих, специальные датчики измеряли меняющееся сопротивление пластины.

Доказав, что металлическое яйцо прыгает, исследователи обратились к его природному прототипу, сваренному вкрутую. В данном случае пришлось положиться только на свидетельства скоростной видеокамеры.

По мнению специалистов, прыжки — следствие судорожных подергиваний вращающегося яйца, вызванных, в свою очередь, легкой асимметрией яйца или мельчайшими случайными изменениями условий вращения (например, из-за шероховатости поверхности).

Подобные силы действуют и в некоторых ситуациях, уже известных инженерной науке, скажем, в турбулентных потоках воздуха или воды, возникающих вокруг крупных объектов. Прыгающее яйцо — хороший «игрушечный» пример широко распространенного явления.

Следующий шаг — посмотреть, умеет ли прыгать сырое яйцо, движение которого затрудняет вязкое содержимое.



# Солнечный орел

Н.П.МИРОНОВУ, Екатеринбург: *Синтез растительного гормона роста гетероауксина, он же индолил-3-уксусная кислота, или ИУК, описан, например, в книге «Синтезы органических соединений. Сборник 2» (М.: Изд-во АН СССР, 1952); но если он вам нужен для сельскохозяйственных, а не для научных целей, проще купить его в специализированном магазине.*

А.В.УСКОВОЙ, Москва: *Кассеты для биотуалетов, в которых органика расщепляется химическим путем, содержат фенольные соединения, формальдегид или четвертичные аммониевые соли, а экологически чистые варианты — ферменты и (или) специально подобранные культуры бактерий.*

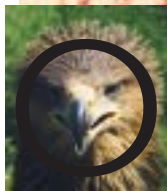
Д.М.КОНДРАТЬЕВУ, Астрахань: *Древесину светлых пород можно отбеливать 15%-ным раствором перекиси водорода: смочите им поверхность изделия и оставьте на несколько дней.*

В.В.ФЕОКТИСТОВУ, Санкт-Петербург: *«Маленьким амариллисом» называют зефирантес (Zefiranthès), он же выскочка, — это растение принадлежит к тому же семейству, что и обычный амариллис.*

З.А.СТЕПАНОВОЙ, Серпухов: *Ягоды черной смородины можно засахаривать так же, как и клюкву: в чашку мелкого сахара добавьте сырой белок, столовую ложку лимонного сока и растирайте до бела, пока масса не загустеет, затем обвалите в этой массе ягоды, дайте обсохнуть и сложите в банку.*

Г.Р.ТРОИЦКОМУ, Волгоград: *Слово «брандахлыст», обозначающее низкокачественный спиртной напиток (а в некоторых старых книгах — и любителя таких напитков), как предполагают, этимологически связано с немецким Branntwein — водка; почему этим же словом стали называть жидкий чай, неясно; может быть, первоначально это была шутка.*

Е.Ф., Ростов-на-Дону: *В дискуссии о преимуществах и недостатках скептического или религиозного мировоззрения мы вступать не планируем; заметим только, что среди выдающихся ученых, как известно из истории, были и скептики, и люди верующие.*



рел орлу рознь. Сегодня разговор о том, что на всех европейских языках называется «императорским», «королевским», «царским». У этой птицы независимый характер, гордая посадка, эталонный «орлиный» взгляд и светлые пятна на плечах, напоминающие эпюлеты. Даже подобие короны из золотистых перьев имеется. Возможно, именно такой красавец послужил прообразом стилизованного фантастического двухглавого орла, который более 500 лет назад, при Иване III, стал государственной эмблемой Московского княжества, а потом и гербом Российской империи.

Латинское имя орла *Aquila heliaca* тоже красиво и явно связано с Гелиосом — богом Солнца. А вот в русском языке этому орлу не повезло. Он назван могильником, что случилось по явному недоразумению, и многие орнитологи предлагают орла переиме-



Фото А. Володина

#### КСТАТИ О ПТИЦАХ

Художник П. Перевезенцев

новать. «Могила» по-южнорусски — холм, курган, и, стало быть, орел должен быть «курганником». Но такое имя носит близкий родственник канюка, а привычка отдыхать и высматривать добычу, сидя на курганах, больше характерна для степного орла. Солнечному орлу подавай высокое дерево или хотя бы куст саксаула, чтобы соорудить внушительное гнездо и воссесть там, как на троне. Поэтому могильник, обитатель лесостепей, полупустынь и предгорий от Словении до Байкала, не может заселить безлесные пустыни. А северная гра-

ница его распространения совпадает с границей ареала разных видов сусликов, его основной добычи. Весной и в конце лета суслики спят, и орлы охотятся на птиц, добывают зайцев, сурков и даже ежей. Одна пара садилась на столбах рядом с опасной ЛЭП, дожидаясь, пока глупые грачи замкнут крыльями провода, — подбирали тепленьких!

Солнечный орел — одна из самых редких хищных птиц Европы. Во всей ее зарубежной части, включая Турцию, Украину и Молдавию гнездится не более 300 пар, и численность неуклонно падает! По-

чему? Причин много. Степи распаханы — птицам стало негде жить. В битве за урожай европейцы давно победили сусликов. Старые высокие деревья вырубают. Орлы часто гибнут на линиях электропередач и очень страдают от беспокойства. Им не нравится не только избыток, но и недостаток хозяйственной деятельности: в России из-за экономических проблем скота стало меньше, пастбища зарастают высокой травой и суслики исчезают.

И все равно, у нас солнечного орла больше, чем во всех других странах, вместе взятых. Как показали последние учеты наших ученых, хоронить могильника рановато — в России гнездится 810–1280 пар, то есть около 60% мировой популяции. Не исключено, что часть птиц переселилась к нам из Европы. Начиная с XX века солнечный орел кое-где у нас даже начал расселяться: потихоньку осваивает агроландшафты и горы Южного Урала, оставленные беркутом. И когда птиц не тревожат, они прекрасно уживаются с человеком — могут ловить грачей прямо над селом! А уж если повсеместно понастроить орлу искусственных гнезд, то в праздники над каждой деревней, помимо флага, будет гордо реять и герб. Только с одной головой...

**О. Волошина**

Если вы хотите понять, как отличить могильника от курганника, а змеяда от осоеда, как построить искусственное гнездо для беркута и какими должны быть опоры ЛЭП, чтобы птицы на них не погибали — обращайтесь в Союз охраны птиц России: 111123, Москва, шоссе Энтузиастов, д. 60, кв. 1. Тел.: (495) 672-22-63, education@rbcu.ru.

# Международная Химическая Ассамблея



**ICA - 2006**

**7 - 10 ноября**

[www.ica-expo.ru](http://www.ica-expo.ru)

Организатор -  
ЗАО "ЭКСПОЦЕНТР"  
при содействии  
ЗАО "РОСХИМНЕФТЬ"  
и поддержке  
РОССИЙСКОГО  
СОЮЗА ХИМИКОВ

Россия, Москва,  
Выставочный  
комплекс  
ЗАО "Экспоцентр"  
на Красной Пресне

На стендах -  
продукция более  
**300** известных  
российских и зарубежных  
фирм из 16 стран.  
Конференции и семинары

123100, Москва,  
Краснопресненская наб., 14  
Тел. [495] 255-37-39,  
255-25-28  
Факс [495] 205-60-55  
E-mail: [chemica@expocentr.ru](mailto:chemica@expocentr.ru),  
Интернет: [www.expocentr.ru](http://www.expocentr.ru),  
[www.ica-expo.ru](http://www.ica-expo.ru)

По вопросам участия  
и посещения просим  
обращаться:  
ЗАО "Экспоцентр",  
Дирекция № 1  
"Выставки машино-  
технической тематики",  
ICA-2006

